

المحرك الاستنتاجي ذي الثلاث اوجه

المهندس رشدي اباظة

3 Phase Induction Motor

By Eng. Roshdy Abaza

هذا المحتوى خاص بقناة دليل طلبة الدراسات العليا قسم الهندسة الكهربائية \العراق ع التليغرام \م. احمد العزاوي

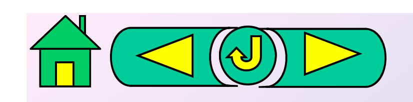
حقوق الملكية الفكرية لهذا العمل محفوظة للأستاذ القدير (المهندس رشدي اباظة)

المواضيع

المحرك الاستنتاجي ذي الثلاث أوجه

طرق بدأ المحرك الاستنتاجي ذي الثلاث أوجه

لوحة بيانات المحرك الاستنتاجي ذي الثلاث أوجه و تفسيرها



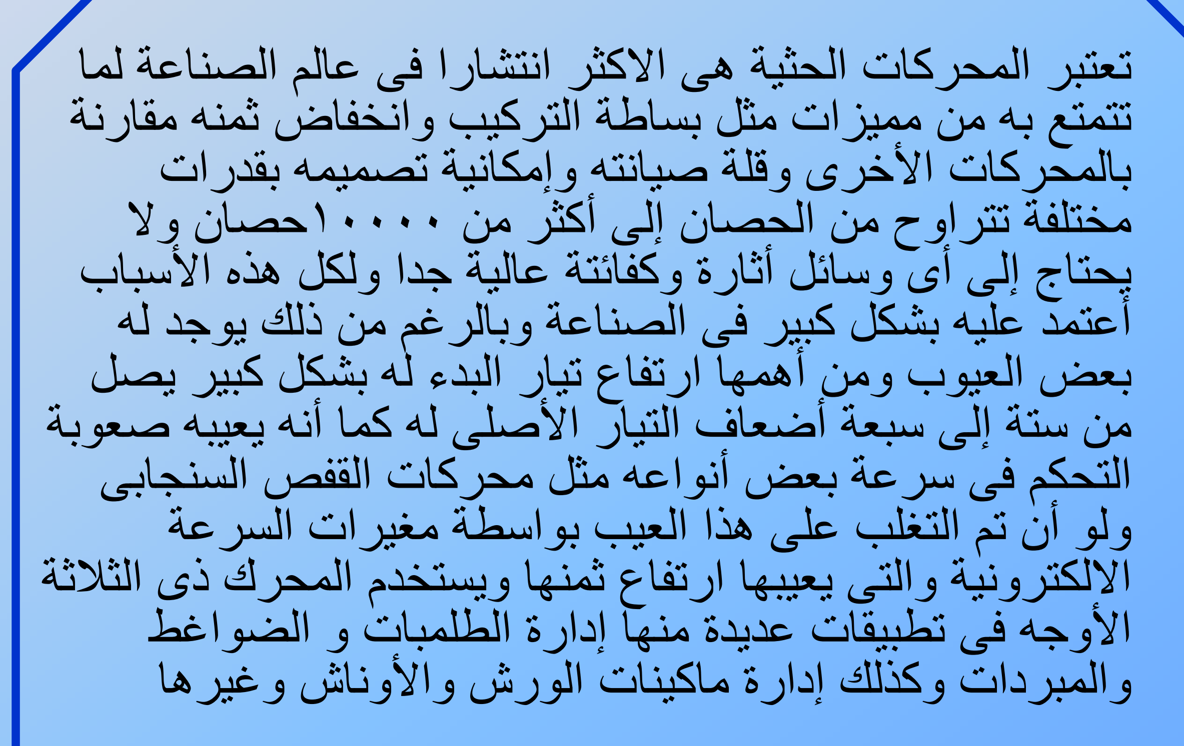
المحرك الاستنتاجى ذى الثلاثة أوجه

Three Phase Induction Motor





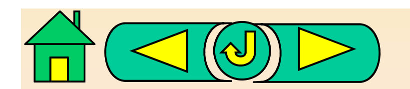




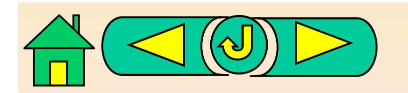
- تعتبر المحركات الحثية هى الاكثر انتشارا فى عالم الصناعة لما تتمتع به من مميزات مثل بساطة التركيب وانخفاض ثمنه مقارنة بالمحركات الأخرى وقلة صيانته وإمكانية تصميمه بقدرات مختلفة تتراوح من الحصان إلى أكثر من ١٠٠٠٠حصان ولا يحتاج إلى أى وسائل أثارة وكفائتة عالية جدا ولكل هذه الأسباب أعتمد عليه بشكل كبير فى الصناعة وبالرغم من ذلك يوجد له بعض العيوب ومن أهمها ارتفاع تيار البدء له بشكل كبير يصل من ستة إلى سبعة أضعاف التيار الأصلى له كما أنه يعيبه صعوبة التحكم فى سرعة بعض أنواعه مثل محركات القفص السنجابى ولو أن تم التغلب على هذا العيب بواسطة مغيرات السرعة الالكترونية والتى يعيبها ارتفاع ثمنها ويستخدم المحرك ذى الثلاثة الأوجه فى تطبيقات عديدة منها إدارة الطلمبات و الضواغط والمبردات وكذلك إدارة ماكينات الورش والأوناش وغيرها

- **أنواع المحركات**
- أولا المحركات الأستنتاجية

١. المحرك ذو القفص السنجابى Squirrel Cage Motor
٢. المحرك ذو القلب الملفوف WOND ROTOR MOTOR ويسمى أيضا بالمحرك ذو حلقات الانزلاق Slip Ring Motor



المواضيع الخاصة بالمحرك ذو القفص السنجابى



تركيب المحرك ذو القفص السنجابى Squirrel Cage Motor صورة

- يتركب المحرك ذو القفص السنجابى من
- ١ ـ العضو الثابت ٢ ـ العضو الدائر ٣ ـ الغطاءان الجانبيان ٤ ـ مروحة التبريد
- أولا : العضو الثابت صورة
- ويتكون من ثلاثة أجزاء أساسية وهي:

أ) الهيكل الخارجي: (الإطار) صورة

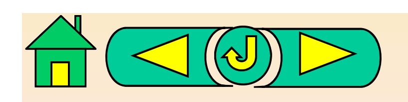
- : يصنع من الصلب (حديد الزهر) أو الألمنيوم ذو زعانف على سطحه الخارجي تعمل على تبريد الملفات خلال الهواء المندفع من مروحة التبريد. ويستخدم الإطار لحمل الرقائق المكونة لقلب العضوالثابت ولتثبيت الغطاءان الجانبيان وصندوق لوحة التوصيل.

ب) قلب العضو الثابت: صورة

- ويصنع من رقائق الصلب السليكوني المعزولة عن بعضها بالورنيش والمضغوطة، يشق على محيطها الداخلي مجاري طولية يوضع بها ملفات العضو الثابت.

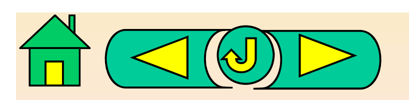
ج) ملفات العضو الثابت: صورة

- وتصنع من أسلاك نحاسية معزولة بالورنيش أو بارات معزولة بشرائط من القطن تلف على فرم خاصة بمقاس وبعدد لفات يتناسب مع قدرة المحرك ويتم وضعها بالمجارى المعزولة فى ثلاث مجموعات تسمى كل مجموعة وجه بحيث يكون بين كل وجه والأخر زاوية مقدارها ١٢٠ درجة وتنتهى فى النهاية بستة أطراف ثلاث بدايات وثلاث نهايات من الممكن أن يتم توصيلهم بطريقة معينة داخل المحرك ليعمل المحرك فى النهاية أما نجمة فقط أو دلتا فقط أو أن يخرج الستة أطراف إلى علبة تجميع النهايات ليتم تحديد طريقة التوصيل داخل العلبة حسب احتياج ظروف التشغيل
- علبة التوصيل وهى العلبة التى يجمع بها الأطراف الخارجة من العضو الثابت ويتم توصيلهم بروزتة مثبتة على الهيكل الخارجى للمحرك صورة
- حاكم دخول الكابلات بالعلبة (الجلاند) وهى عبارة عن لواكير تركب بفتحات دخول الكابلات بعلبة المحرك وهى تصنع من الصلب وأحيانا من البلاستيك

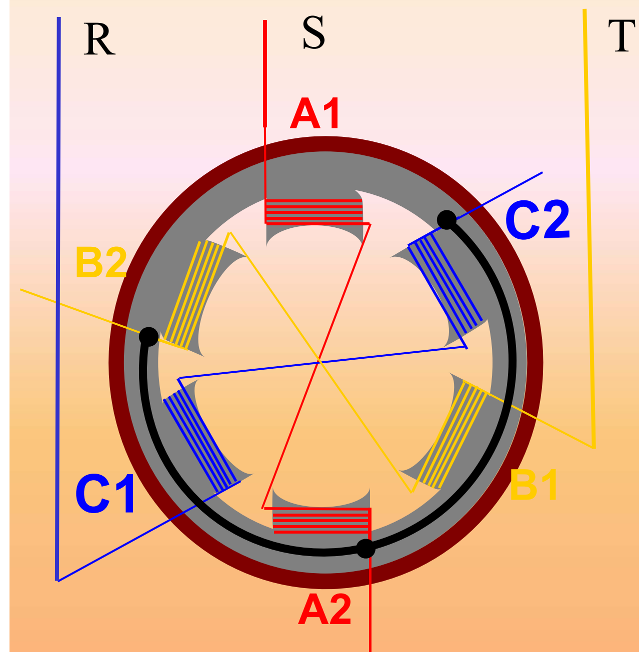


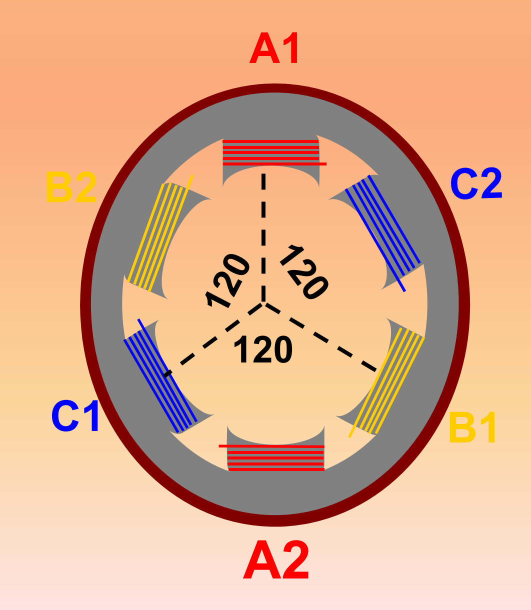
تابع تركيب المحرك الاستنتاجى ذى الثلاثة أوجه

- **ثانيا :العضو الدائر** صورة
- ويتكون من ثلاثة أجزاء أساسية. الجزء الأول هو القلب حيث يتركب من ألواح رقيقة من الفولاذ ذات خواص كهربية عالية الجودة تسمي بالرقائق والجزء الثاني هو عمود الإدارة حيث يتم تجميع رقائق القلب عليه مع ضغطها. أما الجزء الثالث فهو عبارة عن ملفات القفص السنجابي والتي تتكون من قضبان نحاسية أو ألمنيوم سميكة تم تبييتها في مجار خاصة بها في القلب الحديدي و هذه القضبان مقصورة أطرافها مع بعض من الجهتين بحلقتين من نفس معدن القضبان .
- ثالثا : الغطاءان الجانبيان: صورة
- يصنعان من الصلب (حديد الزهر) أو الألمنيوم أي من نفس معدن الإطار ويثبتان بواسطة مسامير قلاووظ ويكون احدهما أمامي والآخر خلفي يحتويان على كراسي البلي التي تركب على عمود الدوران وتعمل على اتزان العضو الدائر وتسهل حركة دورانه وجعله في وضع يسمح له بحرية الحركة.
- مروحة التهوية: صورة
- وهي جزء مهم حيث تصنع من الألمنيوم أو البلاستيك، أثناء دوران المحرك فيندفع الهواء بين زعانف الإطار فتخفض من درجة الحرارة التي تنشأ عن مرور التيار في ملفات القلب الحديدي للعضو الثابت.

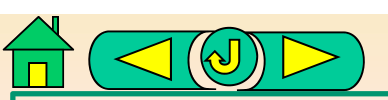


كيفية توصيل ملفات العضو الثابت

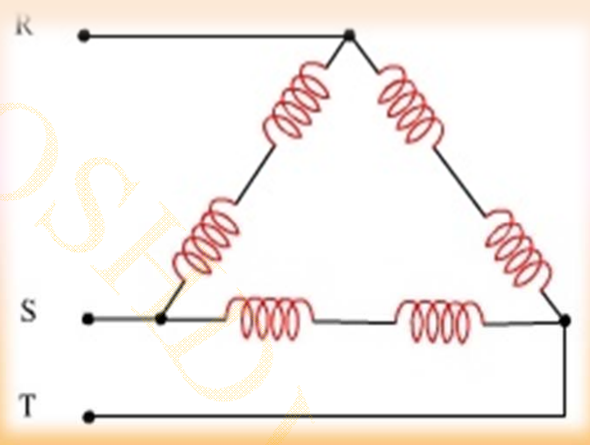




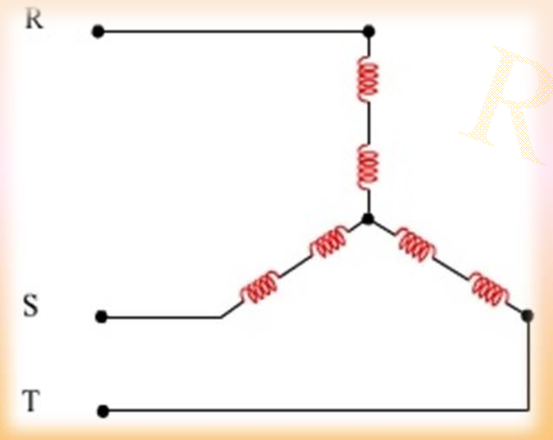
- الشكل المقابل يوضح ملفات العضو الثابت وكما هو موضح انه قد تم تقسيم المحرك إلى ستة ملفات ملفان لكل وجه
- وفى الحقيقة نجد أن كل ملف من هذان الملفان عبارة عن مجموعة ملفات متصلة بطريقة معينة لتكون القطب ويتم عمل نفس الخطوات مع الملف الأخر ليتكون القطب الأخر وبذلك يكون قد اكتملت ملفات وجه ذو قطبين وكم هو معلوم أنه يتم وضع هذه الملفات بمجارى مصنوعة من شرائح الصلب ولذلك عند مرور التيار بهذه الملفات تصبح كمغناطيس كهربى قلبه الحديدى هو المجارى وأحد الملفين هو قطبه الشمالى والأخر هو الجنوبى وعند انعكاس دور التيار تنعكس القطبية و هكذا
- عند توصيل التيار الكهربى إلى المحرك
- نجد أن ملفات الوجه (A1-A2) قد تم توصيلها إلى الوجه S
- و ملفات الوجه (B1-B2) قد تم توصيلها إلى الوجه T
- و ملفات الوجه (C1-C2) قد تم توصيلها إلى الوجه R
- ونجد أنه قد تم وضع هذه الملفات بحيث يكون بين ملفات كل وجه والوجه الأخر ١٢٠ درجة كهربية وفيما يلى رسم توضيحى لطرق توصيل ملفات العضو الثابت بطرق مختلفة ثم طريقة تحديد ملفات المحرك بواسطة جهاز الأوموميتر



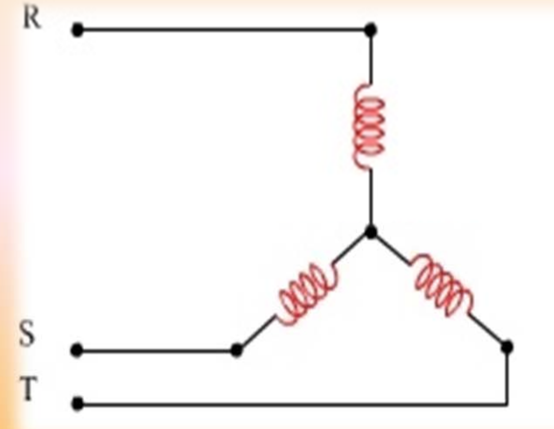
طرق توصيل ملفات أوجه المحرك (Connection Methods)



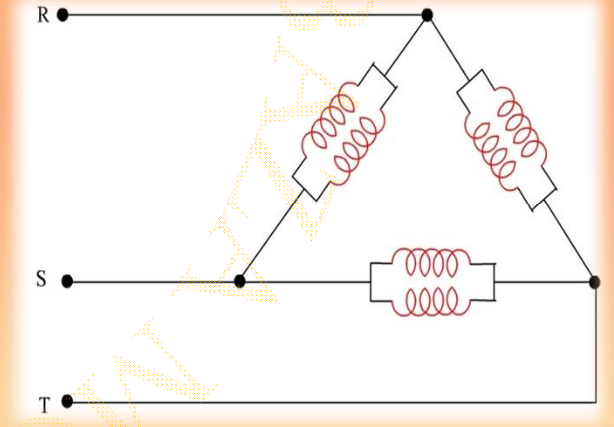
الوجه مجموعتين من الملفات موصله بالتوالى وجميع الأوجه متصلة دلتا تعمل على جهد أكبر وسرعة أقل



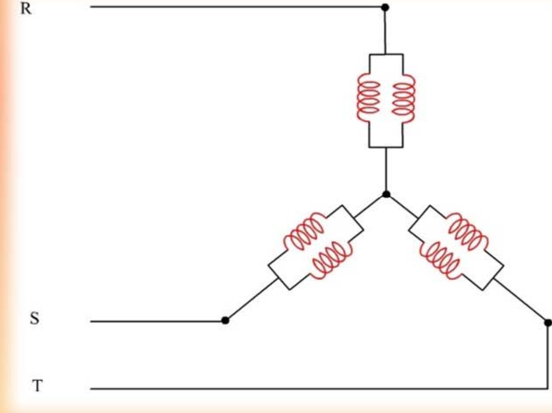
الوجه مجموعتين من الملفات موصله بالتوالى وجميع الأوجه متصلة نجمة تعمل على جهد أكبر وسرعة أقل



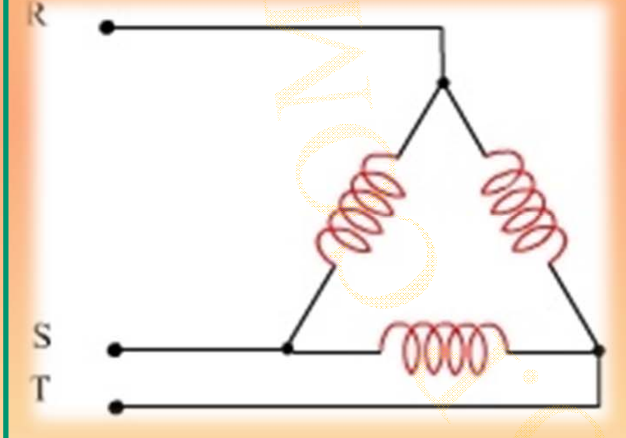
الوجه مجموعة واحدة من الملفات وجميع الأوجه متصله نجمة تعمل على جهد أكبر تيار أقل



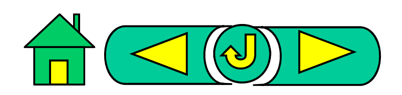
الوجه مجموعتين من الملفات موصله بالتوازى وجميع الأوجه متصلة دلتا تعمل على جهد أقل وسرعة أعلى



الوجه مجموعتين من الملفات موصله بالتوالى وجميع الأوجه متصلة نجمة تعمل على جهد أقل وسرعة أكبر

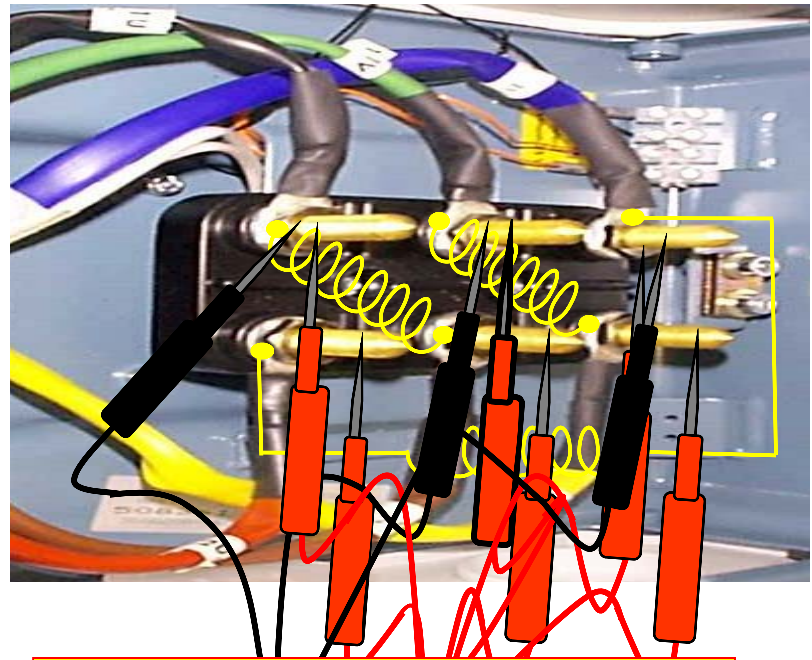


الوجه مجموعة واحدة من الملفات وجميع الأوجه متصله دلتا تعمل على جهد أقل وتيار أعلى



كيفية تحديد أطراف أوجه المحرك

- **كيفية تحديد أطراف أوجه المحرك المحرك**
- أولا يتم أتخاذ جميع أجراءات عزل المحرك
- يتم فصل الكابل الموصل داخل علبة المحرك
- يتم فك الكبارى الخاصة بتوصيلة النجمة أو الدلتا
- فأولا يجب تحديد ملفات كل وجه بالقياس وذلك بتثبيت أحد طرفى الأفو أو الميجر على أحد أطرا
- المحرك ويتم تحريك الطرف الأخر للأفو أو الميجر على باقى أطراف المحرك حتى يقرأ مع أحد هذه الأطراف يكون هو الطرف الأخر للوجه ويتم تميزهم بشريط لحام بلون معين ويتم تكرار السابق حتى نحصل على الوجهين الأخرين
- ملاحظة هامة إذا ما قرأ جهاز القياس قيمة أوم بين طرف و أكثر من طرف أخر دل ذلك على وجود قصر بين وجهين أو أكثر وللتأكد من ذلك نقوم بقياس العزل بين كل وجهين ثم بين كل وجه والأرضى



انقر نقرات متتالية للقياس وتحديد الأطراف



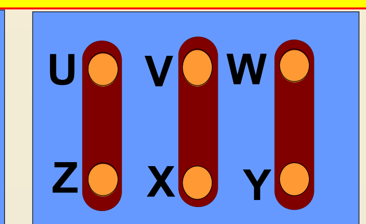
طريقة توصيل المحركات ثلاثية الاوجه
(Connection Methods)

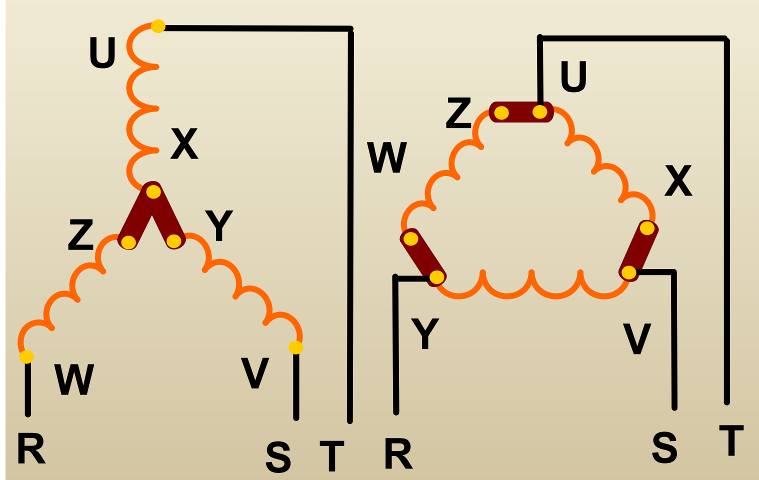
وجه المقارنة	توصيلة نجمة (Y)	توصيلة دلتا (Δ)
جهد الخط	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجهين معا	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجه واحد فقط
جهد الخط	$VL = Vph \times \sqrt{3}$ جهد الخط=جهد الوجه ×√3	$VL = Vph$ جهد الخط=جهد الوجه
تيار الخط	$I L = I ph$ تيار الخط = تيار الوجه	$I L = \sqrt{3} \times Iph$ تيار الخط = تيار الوجه √3 ×
طريقة التوصيل	توصل النهايات معا لتشكل نقطة النجمة وتترك البدايات كأطراف خارجية	توصل بداية كل وجه بنهاية الوجه التالى وهكذا وتخرج ثلاث بدايات كأطراف خارجية
الاستعمال	تستعمل فى المحركات الصغيرة نسبيا والتى لا تحتاج عزم بدء عالى	تستعمل فى المحركات الكبيرة والتى تحتاج على عزم بدء عالى

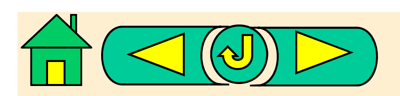
انقر نقرات متتالية للقياس وتحديد الأطراف

U V W

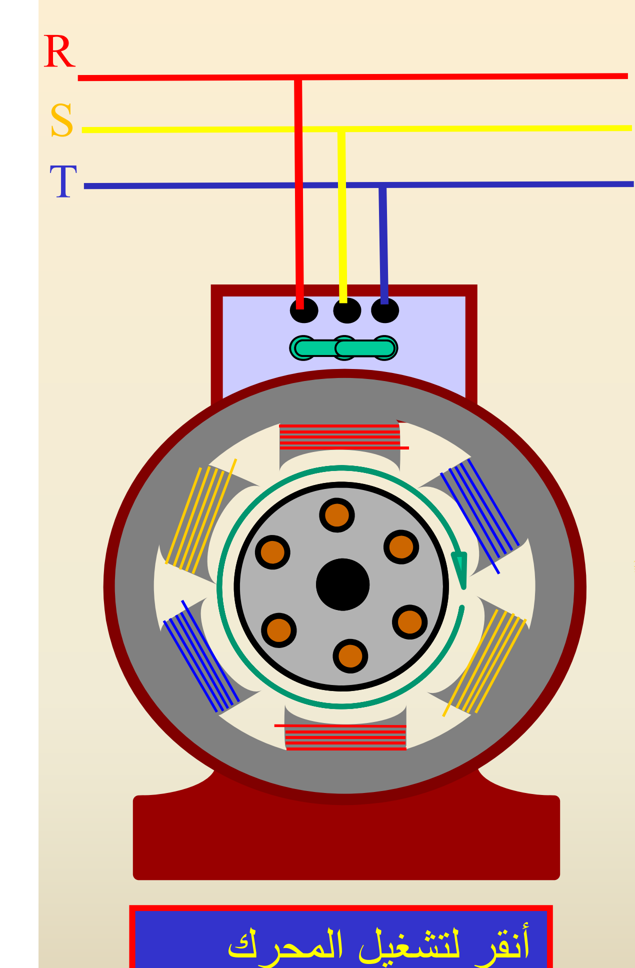
Z X Y



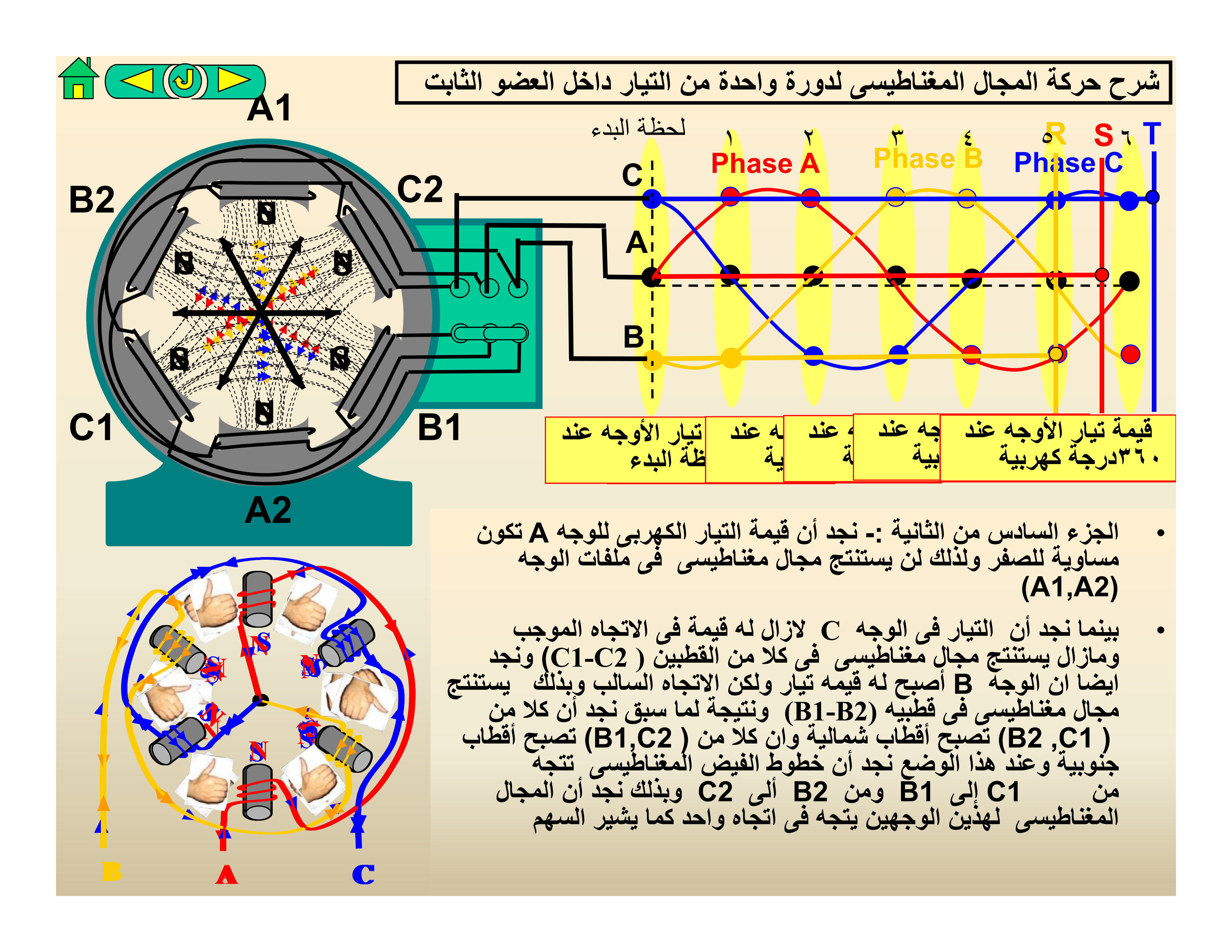




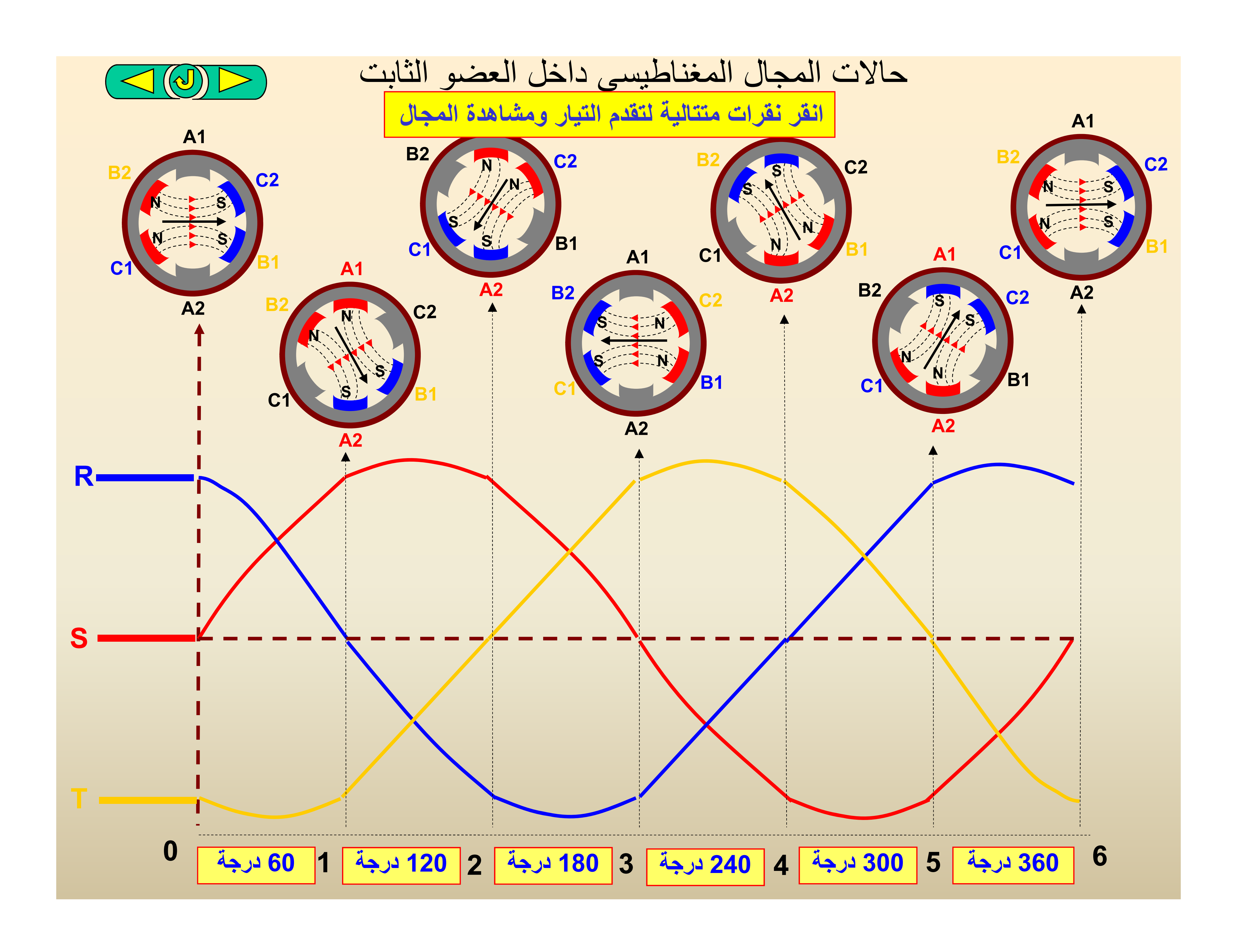
نظرية عمل المحرك الاستنتاجى ذى الثلاثة أوجه



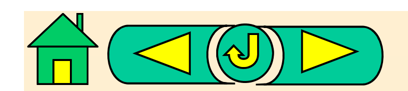
- **نظرية عمل المحرك الاستنتاجى ذى الثلاثة أوجه**
- عند توصيل أطراف العضو الثابت بمصدر الجهد فإنه سيمر تيار بملفاته الملفوفة بطريقة معينة وكذلك موضوعة بطريقة معينة بمجارى العضو الثابت مما ينشأ عنه أقطاب مغناطيسية وبالتالى مجال مغناطيسى ينساب من الأقطاب الشمالية إلى الأقطاب الجنوبية القريبة منها وعند دراسة هذا المجال سنجد أنه مجال مغناطيسى دوار، هذا المجال المغناطيسي الدوار له سرعة تسمى بسرعة التزامن (Ns) وتعتمد هذه السرعة على قيمة تردد المصدر (f) وعدد أقطاب المحرك (p) ومن الممكن حساب هذه السرعة بتطبيق القانون
- $Ns = 120 f \div p$
- عندما يقطع هذا المجال الدوارموصلات العضو الدائر يتولد بها قوة دافعة كهربية مشابهة للقوة الدافعة الكهربية للعضو الثابت وذلك طبقا لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي، وبما أن موصلات العضو الدائر مقصورة من الجهتين فإنه سيمر فيها تيارات ثلاثية الأوجه بين كل وجه وأخر ١٢٠ درجة ومن ثم سيتولد مجال مغناطيسى دوار أخر فى الثغرة الهوائية نتيجة لمرور تيار ثلاثى الأوجه فى موصلات العضو الدائر . فى هذه الحالة أصبح لدينا مجالان مغناطيسيان دوران الأول ناتج من العضو الثابت والثانى ناتج من العضو الدائر ، وحيث أن المجالين المغناطيسيين يدوران بنفس السرعة والاتجاه فإنه سيتولد عزم دوران فعال على العضو الدائر يؤدى إلى دورانه بنفس اتجاه ودوران المجالين وفيما يلى سيتم شرح تفصيلى عن كيفية تولد المجال المغناطيسى بالعضو الثابت والمجال المغناطيسى المتولد بالعضو الدوار.



شرح حركة المجال المغناطيسى لدورة واحدة من التيار داخل العضو الثابت
A1
B2
C2
C1
B1
A2
لحظة البدء
١
٢
٣
٤
٥
٦
R
S
T
Phase A
Phase B
Phase C
C
A
B
تيار الأوجه عند
ظة البدء
قيمة تيار الأوجه عند
٣٦٠درجة كهربية
• الجزء السادس من الثانية :- نجد أن قيمة التيار الكهربى للوجه A تكون مساوية للصفر ولذلك لن يستنتج مجال مغناطيسى فى ملفات الوجه (A1,A2)
• بينما نجد أن التيار فى الوجه C لازال له قيمة فى الاتجاه الموجب ومازال يستنتج مجال مغناطيسى فى كلا من القطبين (C1-C2) ونجد ايضا ان الوجه B أصبح له قيمه تيار ولكن الاتجاه السالب وبذلك يستنتج مجال مغناطيسى فى قطبيه (B1-B2) ونتيجة لما سبق نجد أن كلا من (B2 ,C1) تصبح أقطاب شمالية وان كلا من (B1,C2) تصبح أقطاب جنوبية وعند هذا الوضع نجد أن خطوط الفيض المغناطيسى تتجه من C1 إلى B1 ومن B2 ألى C2 وبذلك نجد أن المجال المغناطيسى لهذين الوجهين يتجه فى اتجاه واحد كما يشير السهم
B
A
C



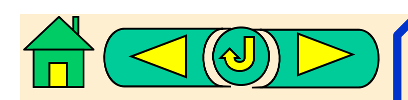
حالات المجال المغناطيسى داخل العضو الثابت
انقر نقرات متتالية لتقدم التيار ومشاهدة المجال
R
S
T
0
60 درجة
1
120 درجة
2
180 درجة
3
240 درجة
4
300 درجة
5
360 درجة
6



العلاقة بين سرعة التزامن وسرعة العضو الدوار

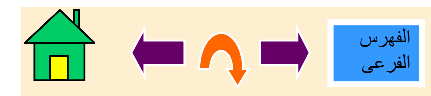
- بعد أن قمنا بشرح تفصيلى لحركة المجال المغناطيسى داخل العضو الثابت يجب أن تعلم أن لحركة هذا المجال سرعة تسمى سرعة التزامن ويرمز لها بالرمز(Ns) وأن سرعة التزامن هذه تساوى ١٢٠ مرة من تردد المصدر (F) مقسوم على عدد أقطاب المحرك(P)
- سرعة التزامن = (١٢٠ * F) ÷ P فنجد مثلا أن سرعة التزامن للمحرك ذو قطبين عند تردد ٥٠ذبذبة = (١٢٠ *٥٠) ÷٢=٣٠٠٠لفة / دقيقة

٥٠ذبذة فى الثانية F		٥٠ذبذة فى الثانية F	٦٠ذبذة فى الثانية F	٦٠ذبذة فى الثانية F
عدد الأقطاب P	سرعة المجال Fs	عدد الأقطاب P	سرعة المجال Fs
٢	٣٠٠٠	٢	٣٦٠٠
٤	١٥٠٠	٤	١٨٠٠
٦	١٠٠٠	٦	١٢٠٠
٨	٧٥٠	٨	٩٠٠
١٠	٦٠٠	١٠	٧٢٠



شرح نظرية دوران العضو الدائر للمحرك الحثى

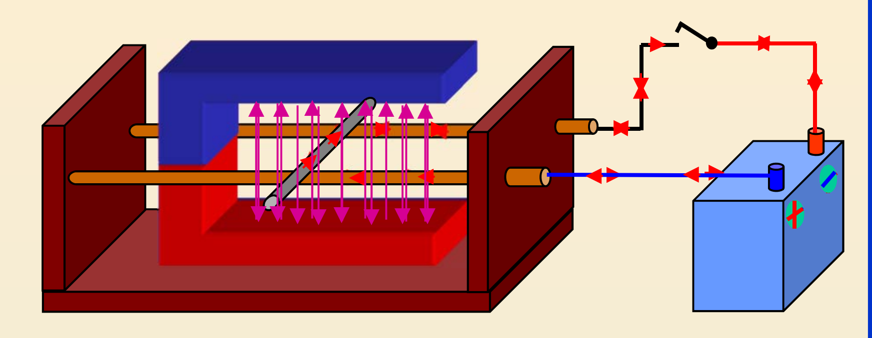
- فى الحقيقة أنى عندما وصلت لهذا الجزء من الموضوع فقد توقفت فترة كبيرة بحثا عن شرح تفصيلى يوضح نظرية دوران العضو الدائر كما فعلت فى شرح نشأة وحركة المجال الدوار داخل العضو الثابت ولكن فى حقيقة الأمر أنى وجدت اختلافات كثيرة فى تفسير هذا الأمر ولذلك فقد أستقر بى الأمر فى شرح هذه النظرية بطريقتين
- الطريقة الأولى
- وهى تعتمد على القوى المؤثرة على موصل يمر به تيار ويقع تحت تأثير مجال مغناطيسى
- الطريقة الثانية
- وهى تعتمد على التفاعل الذى يحدث بين مجال العضو الثابت ومجال العضو الدائر بالتجاذب والتنافر فتحدث الحركة
- وفيما يلى شرح لكلا الطريقتين ونبدأ بالطريقة الأولى ولكن قبل أن نبدأ فى شرحها يجب أن نفهم أولا هذه التجربة التى تشرح التأثير الواقع على موصل يمر به تيار ويقع تحت تأثير مجال مغناطيسى والتى سبق شرحها بباب المغناطيسية بدورة محركات الوجه الواحد ولكنى سأعيد شرحها



القوى المؤثرة على موصل يمر به تيار ويقع تحت تأثير مجال مغناطيسى

فى التجربة الموضحة نجد ان المجال المغناطيسى ينساب من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى وعند توصيل المفتاح يمر التيار من الطرف الموجب إلى الطرف السالب مارا بالقضيب الموضوع بين قطبى المغناطيس فيتولد حوله مجال مغناطيسى من الممكن تحديده بواسطة قاعدة اليد اليمنى لفلمنج (وذلك لأنه مجال متولد) فعندما يشير السبابة إلى اتجاه المجال والوسطى إلى التيار فإن الإبهام يشير إلى اتجاه حركة المجال حول القضيب ومن الممكن أيضا تحديده بأن نتخيل أننا نقبض على القضيب باليد اليمن بحيث يشير الابهام إلى اتجاه التيار فإن اتجاه دوران الأصابع يشير إلى اتجاه حركة المجال حول الموصل ونجد هنا أن اتجاه حركة المجال حول القضيب ضد اتجاه عقارب الساعة وعند ذلك نجد أن المجال المغناطيسى للمغناطيس الدائم يبدأ فى التنافر مع خطوط المجال الخاصة بالقضيب والتى تكون فى عكس اتجاهه وتبدأ الخطوط فى الانحراف والانجذاب نحو خطوط المجال المماثلة له فى الاتجاه والتى تكون هنا فى اتجاه عقارب الساعة فتكون كما هو موضح بالشكل ولأن خطوط المجال تميل دائما أن تسير فى خطوط مستقيمة نجد أن هذه الخطوط تحاول أن تستقيم فينتج عنها قوة مؤثره تؤثر على الموصل فتحركه ومن الممكن تحديد اتجاه هذه الحركة بواسطة استخدام قاعدة فلمنج لليد اليسرى فعندما يشير السبابه لاتجاه المجال والوسطى إلى اتجاه التيار فإن الإبهام يشير إلى اتجاه حركة القضيب

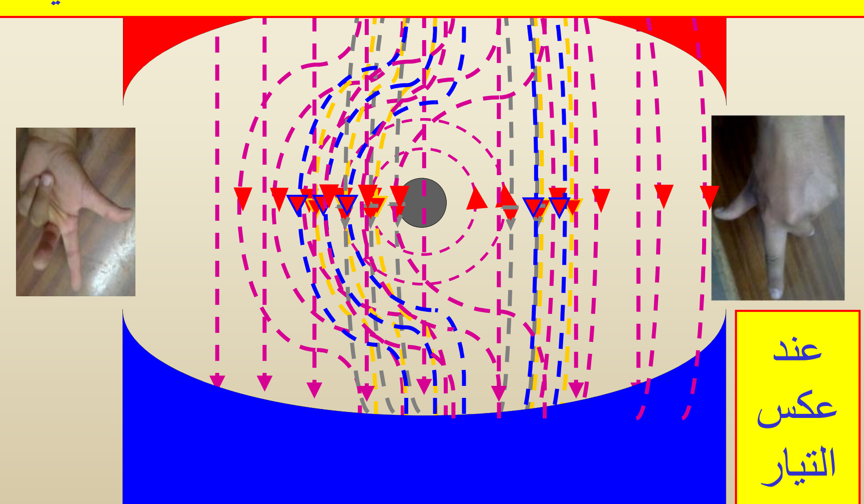
أظهر المجال المغناطيسى



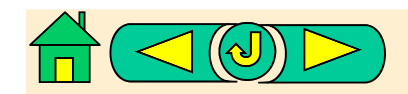
صل وأفصل الدائرة1 | أعكس التيار | صل وأفصل الدائرة2

أعكس القطبية | صل وأفصل 3

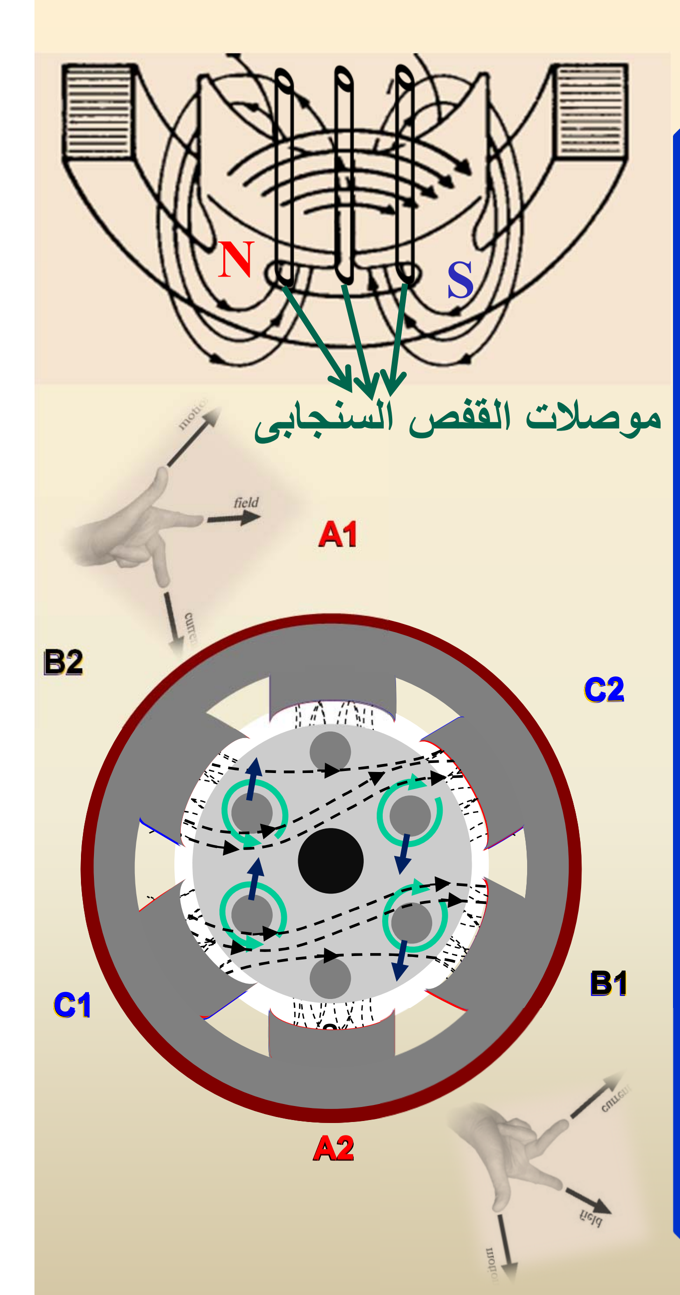
أنقر داخل كل مستطيل لتشغيل التأثير ثم انقر مرة أخرى داخل المستطيل قبل الانتقال للمستطيل التالي



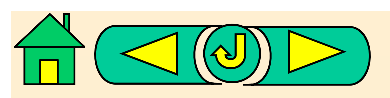
عند عكس التيار



شرح النظرية الأولى لحركة العضو الدائر للمحرك ثلاثى الأوجه



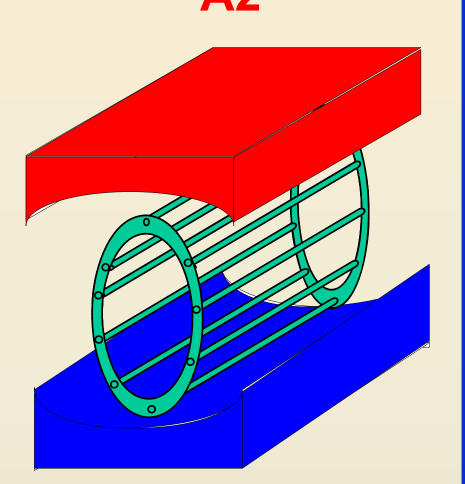
- بعد ان تم شرح عملية استنتاج المجال الدوار داخل العضو الثابت وكيفية دورانه داخل الثغرة الهوائية بالعضو الثابت و بافتراض أن هذا المجال يدور فى اتجاه عقارب الساعة ويتجه دائما من القطب الشمالى إلى الجنوبى
- فيبدأ هذا المجال الدوار فى قطع موصلات القفص السنجابى للعضو الدائر المقابلة له (أنقر لرؤية الحركة)
- عند ذلك ينشا فى هذه الموصلات ق.د.ك (قانون فاراداى) ولأن هذه الموصلات مقصورة على نفسها فتصبح كدائرة مغلقة فيمر تيار بهذه الموصلات ومن هنا وتبعا لقاعدة لورينز موصل يحمل تيار ويقع تحت تأثير مجال مغناطيسى فيتولد به حركة ميكانيكية كما شاهدناها بالتجربة السابقة ولتفسير هذا نجد أنه عند مرور التيار بالموصلات ينشاعنها مجال مغناطيسى حولها (أنقر لرؤية الحركة)
- ونتيجة لهذا المجال نجد أن المجال الرئيسى للعضو الثابت يبدأ بالأنحراف نحو الأتجاه المشابه له للمجال الناشئ بموصلات القفص السنجابى
- ولأن المحال المغناطيسى يميل دائما للتدفق فى خطوط مستقيمة نجد أن المجال المغناطيسى للعضو الثابت يعدل من وضعة ليصبح مستقيم فينشأعن ذلك قوة ميكانيكية تعمل على تحريك الموصلات فى أتجاة السهم الموضح (أنقر لرؤية الحركة) ومن الممكن تحديد اتجاه هذه الحركة باستخدام قاعدة الأصابع المتعامدة لليد اليسرى لفلمنج فعندما يشير السبابه إلى اتجاه المجال والوسطى إلى اتجاه التيار(للخارج نحوك) فإن الإبهام يشير إلى اتجاه الحركة وبذلك تستمر حركة العضو الدائر بالدوران ولكن ليس بنفس سرعة المجال المغناطيسى الدوار ولكن يوجد فرق بين السرعتين يسمى بالانزلاق

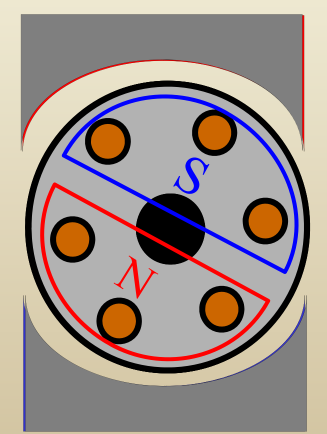


A1
B2
C2
C1
B1
A2

النظرية الثانية لكيفية دوران العضو الدوار ذو القفص السنجابى

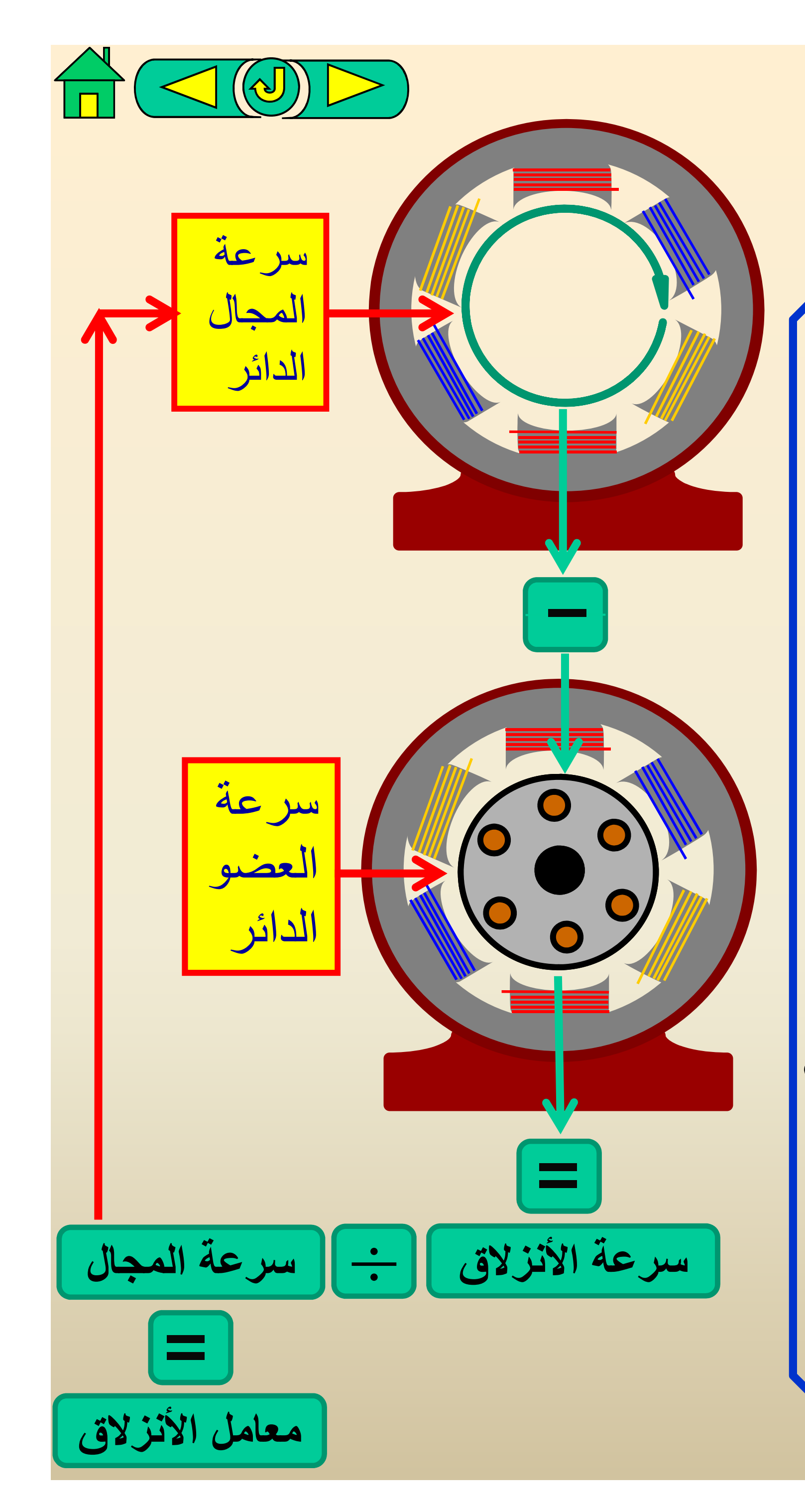
بعد أن تعرفنا على نظرية الدوران الأولى والتى تعتمد على نظرية حركة الموصلات التى يمر بها تيار تأثيرى نتيجة وقوعها تحت تأثير المجال المغناطيسية فتحدث بها حركة فى نفس اتجاه حركة هذا المجال نبدأ فى شرح النظرية الثانية والتى تعتمد على ظاهرة التنافر والتجاذب بين الأقطاب المغناطيسية عند مرور التيار بملفات العضو الثابت يبدأ المجال المغناطيسى الدوار للأقطاب فى قطع موصلات القفص السنجابى المواجهة لهذه الأقطاب فيتولد فى هذه الموصلات قوة دافعة كهربية (قانون فاراداى) ولأن هذه الموصلات مغلقة من الناحيتين فتحقق شرط مرور تيار معاكس لاتجاه التيار الأصلى المتسبب به (قاعدة لنز) فى الدائرة المغلقة وبسبب مرور هذا التيار فى هذه الموصلات يبدأ تولد مجال مغناطيسى حولها يكون مختلف فى القطبية عن قطب العضو الثابت المقابل له وذلك لاختلاف اتجاه التيار ولأن التيار المار بملفات العضو الثابت متغير فسنجد أيضا أن الأقطاب المغناطيسية تتغير وبالتالى تعاكسها اقطاب العضو الدائر المقابلة لها فيحدث هنا عملية التجاذب والتنافر بين الاقطاب وبعضها فيتحرك العضو الدائر محاولا اللحاق بسرعة المجال المغناطيسى للعضو الثابت ولكنه لا يستطيع وذلك لوجود المقاومات الطبيعية للعضو الدائر مثل الوزن واحتكاك رولمان البلى وكذلك أيضا أن أقطاب العضو الدائر تابعة دائما لأقطاب العضو الثابت ولذلك تنشأ فرق سرعة بين سرعة العضو الدوار وسرعة المجال الدوار للعضو الثابت تسمى بالانزلاق

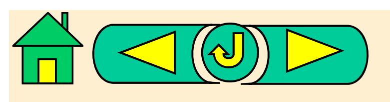
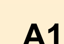




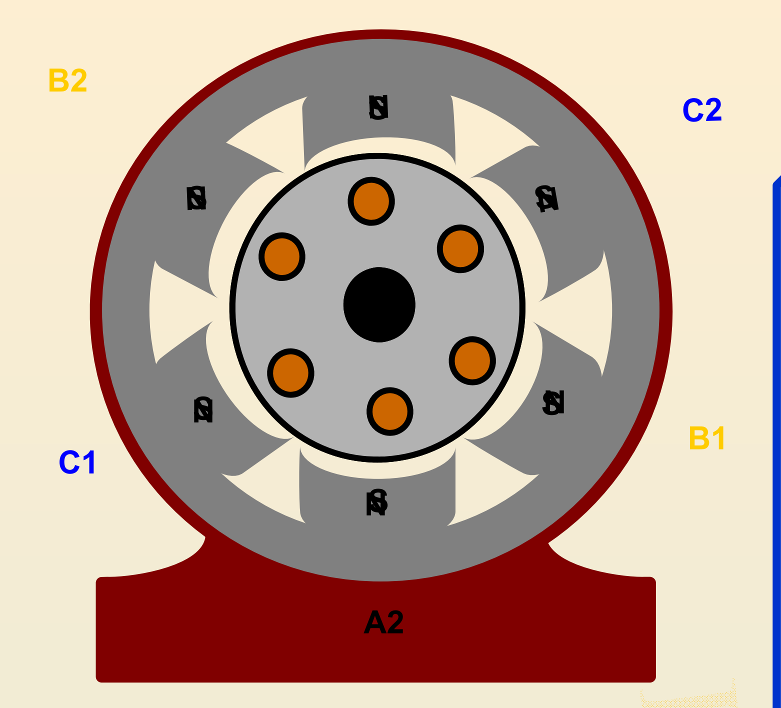
الانزلاق SLIIPING

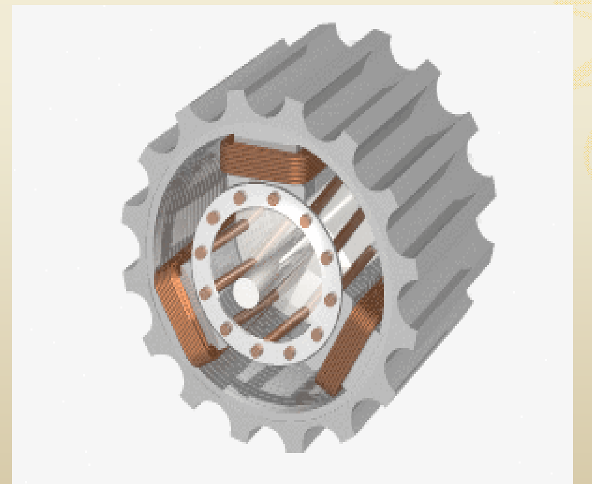
- أولا يجب أن نعلم أن هناك فرق بين سرعة الانزلاق ومعامل الانزلاق
- سرعة الانزلاق (N slip) هو فرق السرعة الناتج بين سرعة المجال المغناطيسى الدوار (سرعة التزامن) داخل العضو الثابت ونرمز لها بالرمز (Ns)والسرعة الفعلية للعضو الدوار(Nr)
- $N\ slip = NS - Nr$
- معامل الانزلاق هو النسبة بين سرعة الانزلاق وسرعة التزامن $S = (NS - Nr) \div NS$
- $S\% = (NS - Nr) \div NS * 100$
- ونجد أن معامل الانزلاق له دور كبير جدا فى تحديد خواص المحرك حيث اننا نلاحظ انه عندما يعمل المحرك على اللاحمل نجد أن سرعته تكون كبيرة جدا ويقل عزم الدوران وذلك لان معامل الانزلاق اصبح قريب جدا من الصفر تقريبا من 0.1% إلى 0.2% وتصل الى 0.05% فى المحركات الكبيرة ولكن عندما نبدأ التحميل على المحرك نجد أن السرعة تقل ويزيد العزم وذلك لأن معامل الانزلاق يزيد ويصل ما بين 3% إلى 5%
- ويلاحظ أن قيمة معامل الانزلاق لا تقل عن الصفر وذلك إذا افترضنا أن سرعة العضو الدوار تساوت مع سرعة التزامن ولا تزيد عن الواحد الصحيح وذلك عندما يكون العضو الدوار ساكن ومن هنا نجد أن
- سرعة العضو الدوار تساوى $Nr = (1 - S)$



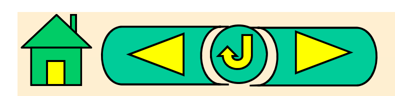
تردد تيار العضو الدائر
Rotor Current Frequency





- **تردد تيار العضو الدائر**
- كما نعلم أنه عند توصيل الجهد لملفات العضو الثابت وعندما يبدأ المجال المغناطيسى للعضو الثابت فى التولد يكون العضو الدائر ساكن و هنا يبدأ المجال المغناطيسى الدوار فى قطع أكبر مساحة ممكنة من العضو الدائر ولذلك تكون القوة الدافعة الكهربية فى أعلى قيمة لها ويكون تردد هذه القوة الدافعة الكهربية مساوى لتردد جهد العضو الثابت (تردد المصدر) وعندما يبدأ العضو الدائر فى الدوران يقل قطع المجال المغناطيسى لموصلات العضو الدائر بسبب السرعة ولذلك تقل القوة الدافعة الكهربية ويقل معها التردد

  ومن هنا نجد أن تردد التيار بالعضو الدائر يتناسب عكسيا مع سرعة العضو الدائر
- ترد التيار بالعضو الثابت ( ) Fs $F_s = N \times P \div 120$
- تردد التيار بالعضو الدائر(Fr) $F_r = S \times F_s$
- تردد التيار بالعضو الدائر(Fr) $F_r = S \times N_s \times P \div 120$
- (N) السرعة و (P)عدد الأقطاب و (S) الانزلاق



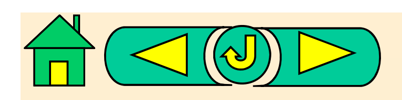
وجه الشبه والاختلاف بين المحول والمحرك

المحول الكهربى

- المحول الكهربى يعمل بنظرية الحث الكهرومغناطيسى قانون فاراداى
- له قلب من شرائح الصلب السليكونى لتكملة مسار المجال المغناطيسى ويحمل الملفات على أضلاعه (القلب الحديدى)
- له ملفات ابتدائى تلف على بكرة مثبته على أحد اضلاعه
- له ملفات ثانوية تلف على بكر مثبته على احد أضلاعه
- لا يوجد بة ثغرة هوائية
- يوجد به مجال مغناطيسى دائر داخل القلب الحديدى ويقطع ملفات الثانوى
- لا يوجد به أجزاء متحركة
- يوصل جهد المصدر إلى أطراف الملف الابتدائى
- يكون التردد بالملف الابتدائى مساوى للتردد بالملف الثانوى

المحرك الكهربى

- المحرك الكهربى يعمل بنفس نظرية الحث الكهرومغناطيسى قانون فاراداى
- له قلب من شرائح الصلب السليكونى لتكملة مسار المجال المغناطيسى وتوضع الملفات بمجارى مشقوقة به (العضو الثابت)
- له ملفات ابتدائى تركب داخل مجارى بالعضو الثابت
- له ملفات ثانوية تتمثل فى ملفات العضو الدائر سواء كانت سلك ملفوف أو بارات نحاسية مقصورة كما بالقفص السنجابى
- يوجد بة ثغرة هوائية بين العضو الثابت والمتحرك
- يوجد به مجال مغناطيسى دائرناتج بالعضو الثابت ويدوربالثغرة الهوائية ويقطع العضو الدائر
- يوجد به العضو الدائر متحرك
- يوصل جهد المصدر إلى أطراف ملفات العضو الثابت
- يكون التردد بملفات العضو الدائر مساوى للتردد بملفات العضو الثابت ثم يقل بعد بدء الدوران ويقل كلما زادت السرعة



تحليل الدائرة المكافئة للمحرك

الدائرة المكافئة للمحرك

صورة

هى عبارة عن رسم لدائرة كهربائية تشمل جميع قيم مقاومات ومعاوقات وتيارات وجهود المحرك وهى تشبه إلى حد ما الدائرة المكافئة للمحول

• عناصر الدائرة

(R1 , R2) مقاومات ملفات العضو الثابت والدوار لكل وجه

(X1 , X2) الممانعة الحثية ملفات العضو الثابت والدوار لكل وجه

(Rc) مقاومة تمثل المفاقيد الحديدية

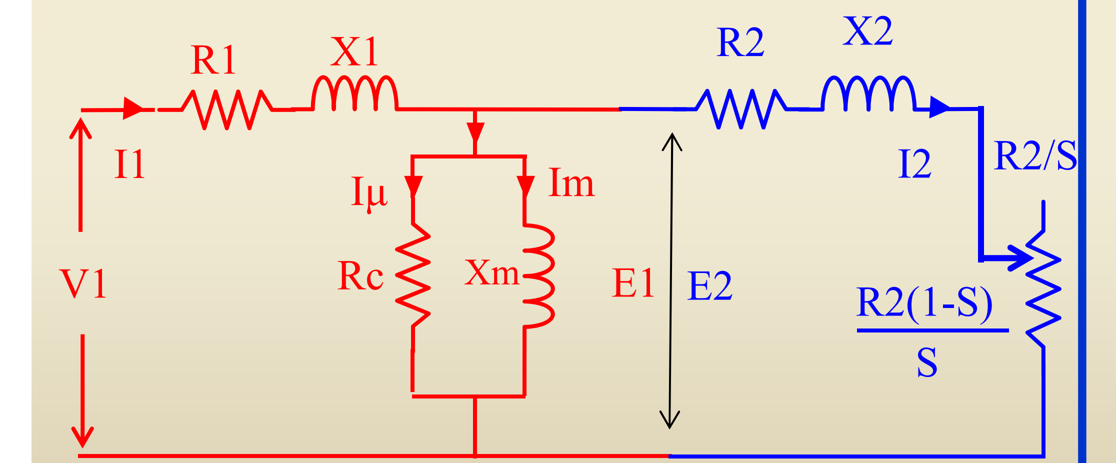
(XM) المفاعلة المغناطيسية

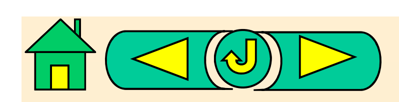
(N1 , N2) عدد لفات ملفات العضو الثابت والعضو الدوار

• وللتخلص من الدائرة المغناطيسية المتمثلة فى الثغرة الهوائية يتم نسب دائرة الثانوى إلى الابتدائى كما هو موضح بالشكل الثانى

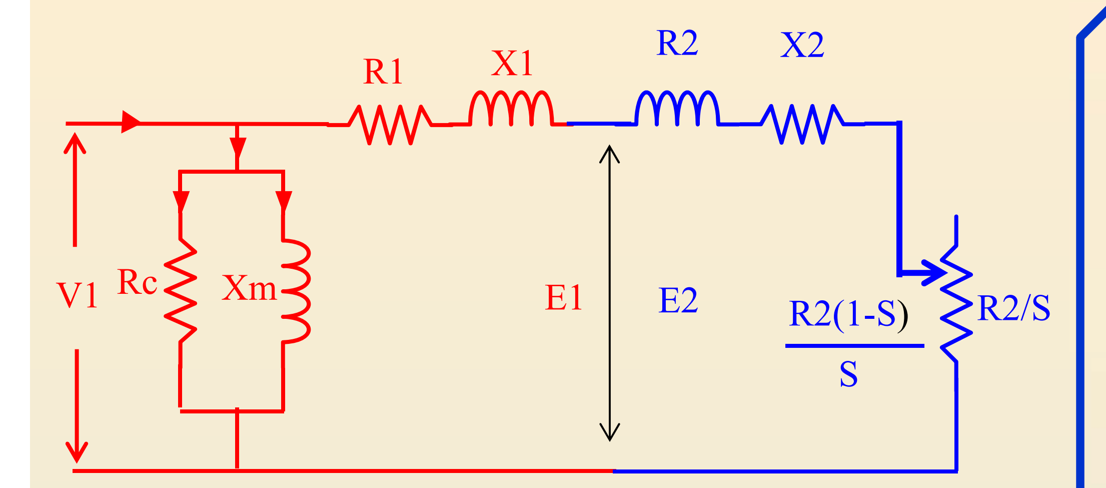
$E2=(N1/N2)E2$

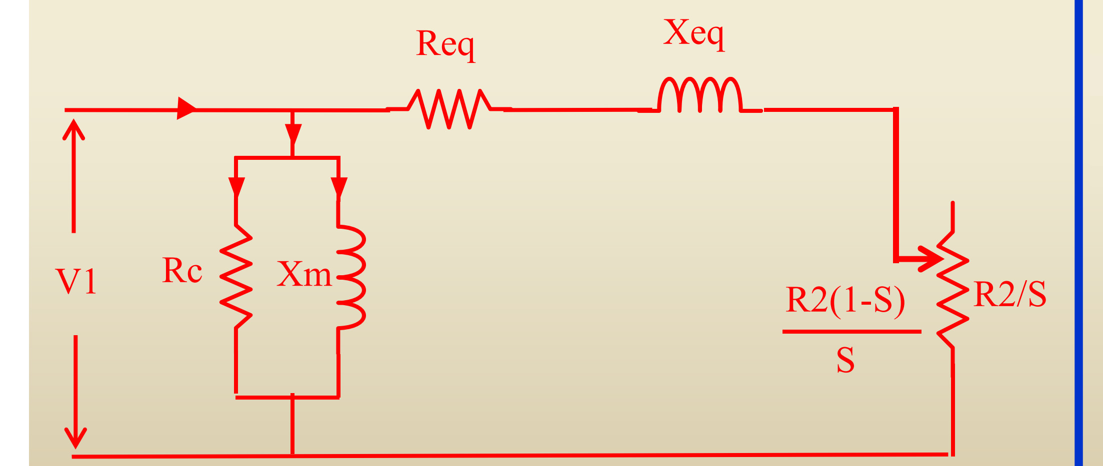
R1
X1
N1
N2
X2
I1
I2
Iμ
Im
V1
Rc
Xm
E1
R2/S





تابع تحليل الدائرة المكافئة للمحرك





$$E'_2 = (N_1/N_2)E_2$$

$$\frac{R'_2}{S} = \frac{R_2}{S}(N_1/N_2)^2$$

$$X'_2 = X_2(N_1/N_2)^2$$

$$I'_2 = I_2(N_2/N_1)$$

$$\frac{R'_2}{S} = \frac{R'_2}{S} + R'_2 - R'_2$$

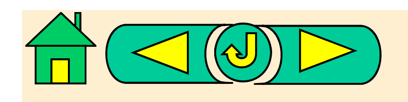
$$= R'_2 + \frac{R'_2}{S} - R'_2$$

$$= R'_2 + R'_2\left(\frac{1}{S} - 1\right)$$

$$= R'_2 + R'_2\left(\frac{1-S}{S}\right)$$

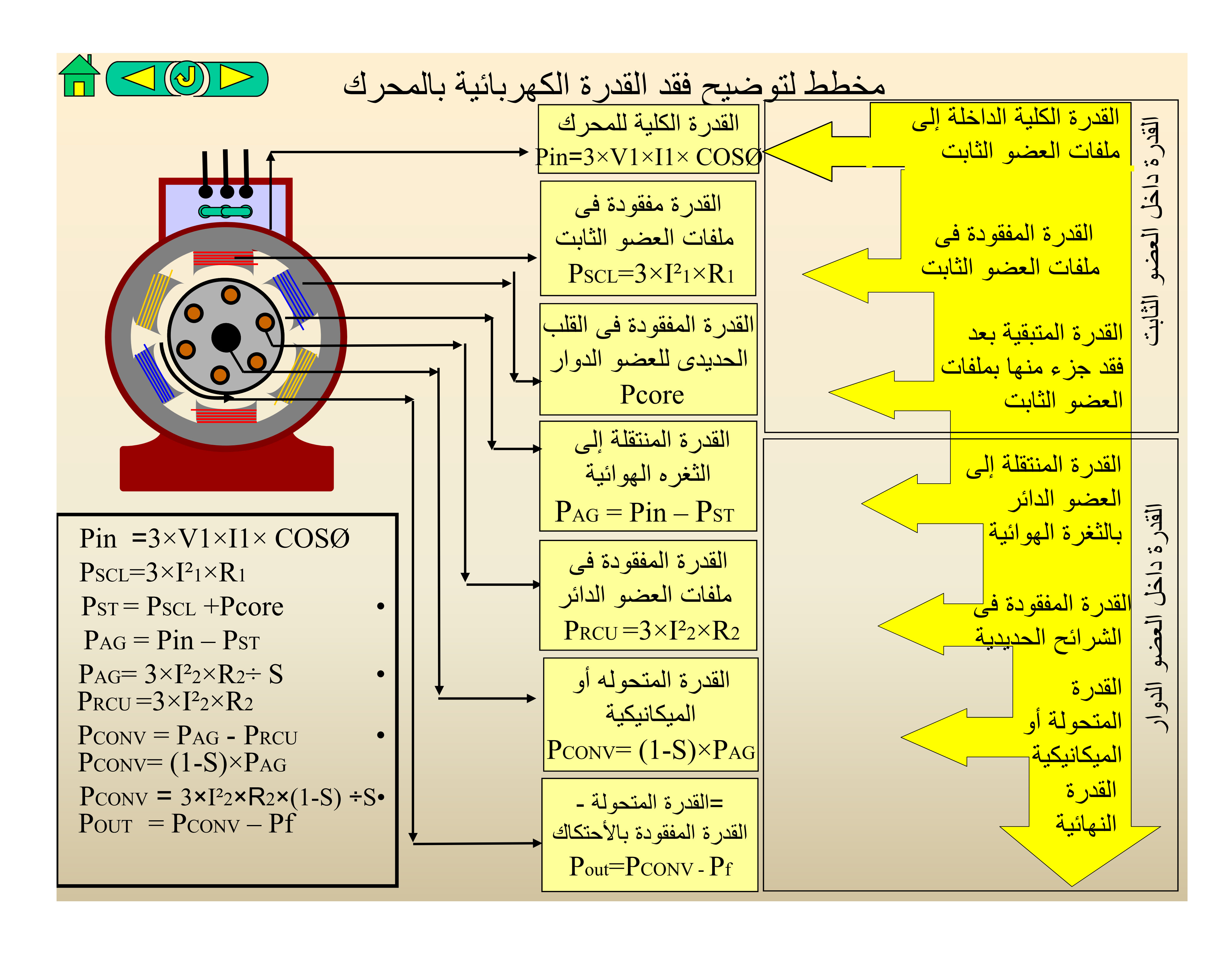
وبجمع كلا من مقاومتى و ممانعتى العضو الثابت والدائر معا وكذلك تصبح الدائرة النهائية كالشكل المقابل

$Xeq=X1+X2$ $Req=R1+R2$

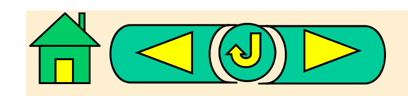


القدرة Power

- تنقسم القدرة الكلية Pin فى المحرك الحثى الثلاثى الى قسمين قسم خاص بالعضو الثابت وقسم خاص بالعضو الدائر وفيما يلى دراسة وحساب القسمين
- القسم الأول وقدرة داخلة للمحرك Pin وهى التى تنتج عن جهد المحرك V_1 والتيار I_1 ومعامل القدرة COSØ وتحسب من المعادلة التالية $P_{in}=\sqrt{3}\times V_1\times I_1\times COSØ$ أو $P_{ph}= 3\times V_{ph}\times I_{ph}\times COSØ$
- ومن الطبيعى ان نجد مفاقيد لهذه القدرة متمثلة الحرارة الناتجة من العضو الثابت R1 وتسمى مفاقيد نحاسية P_{SCL} وتحسب من المعادلة التالية $P_{SCL} =3\times I^2_1\times R_1$
- ونجد أيضا أن هذه القدرة يفقد منها جزء أخر فى القلب الحديدى للعضو الثابت فى شكل حرارة ايضا بسبب التيارات الدوامية وتسمى مفاقيد حديدية P_{CORE} وبذلك يكون مجموع المفاقيد فى العضو الثابت P_{ST} يساوى مجموع المفاقيد النحاسية والمفاقيد الحديدية $P_{ST} = P_{SCL} + P_{CORE}$ والجزء المتبقى من القدرة الكلية للمحرك بعد هذه المفاقيد يذهب إلى العضو الدائر من خلال الثغرة الهوائية وهذا الجزء هو
- القسم الثانى للقدرة ويرمز له بالرمز P_{AG} (القدرة داخل الثغرة الهوائية) حيث أن $P_{AG} = P_{in} - P_{ST}$ ولان الانزلاق يدخل فى حسابات العضو الدائر فنجد أن $P_{AG}= 3\times I^2_2\times R_2\div S$ وهذه القدرة يفقد منها جزء على شكل حرارة بموصلات العضو الدائر ونرمز لها بالرمز P_{RCU} وتحسب كالتالى
- $P_{RCU} =3\times I^2_2\times R_2$ والجزء المتبقى يسمى بالقدرة المتحولة وهى قدرة قدرة ميكانيكية (P_{CONV}) ومن الممكن حساب هذه القدرة بمعلومية الانزلاق $P_{CONV}= 3\times I^2_2\times R_2\times(1-S) \div S$
- ونجد أن هذه القدرة الميكانيكية المسئوله عن دوران العضو الدوار سيتم فقد جزء منها فى مقاومة الهواء وكذلك الاحتكاك مع كراسى التحميل وسنرمز لهذه القدرة بالرمز P_f لينتج القدرة الخارجة النهائية P_{OUT} والتى يتم حسابه كالتالى $P_{OUT} = P_{CONV} - P_f$ مما سبق نخرج بثلث معادلات
- $P_{RCU}=3\times I^2_2\times R_2$ $P_{AG}= 3\times I_2\times R_2^2 \div S$ $P_{CONV}= 3\times I^2_2\times R_2\times(1-S) \div S$
- ومن المعادلات السابقة نجد أن عند ضرب P_{AG} بالانزلاق نحصل على P_{RCU} $P_{RCU}=P_{AG}\times S$ وكذلك عند ضرب P_{AG} فى المعامل (1-S) نحصل على P_{CONV} $P_{CONV}= (1-S)\times P_{AG}$
- ومن هنا يتضح أهمية قيمة الانزلاق بالمحركات الحثية حيث أنه كلما زادت قيمته تزيد معه المفاقيد النحاسية مما يقلل من كفاءة المحرك وفيما يلى مخطط لتوضيح القدرة الكلية والقدرة المفقودة بجميع مراحل المحرك



مخطط لتوضيح فقد القدرة الكهربائية بالمحرك
القدرة الكلية للمحرك
Pin=3×V1×I1× COSØ
القدرة مفقودة فى ملفات العضو الثابت
PSCL=3×I²1×R1
القدرة المفقودة فى القلب الحديدى للعضو الدوار
Pcore
القدرة المنتقلة إلى الثغرة الهوائية
PAG = Pin – PST
القدرة المفقودة فى ملفات العضو الدائر
PRCU =3×I²2×R2
القدرة المتحوله أو الميكانيكية
PCONV= (1-S)×PAG
القدرة المتحولة - القدرة المفقودة بالأحتكاك=
Pout=PCONV - Pf
القدرة الكلية الداخلة إلى ملفات العضو الثابت
القدرة المفقودة فى ملفات العضو الثابت
القدرة المتبقية بعد فقد جزء منها بملفات العضو الثابت
القدرة داخل العضو الثابت
القدرة المنتقلة إلى العضو الدائر بالثغرة الهوائية
القدرة المفقودة فى الشرائح الحديدية
القدرة المتحولة أو الميكانيكية
القدرة النهائية
القدرة داخل العضو الدوار
Pin =3×V1×I1× COSØ
PSCL=3×I²1×R1
PST = PSCL +Pcore
PAG = Pin – PST
PAG= 3×I²2×R2÷ S
PRCU =3×I²2×R2
PCONV = PAG - PRCU
PCONV= (1-S)×PAG
PCONV = 3×I²2×R2×(1-S) ÷S
POUT = PCONV – Pf



قوانين وعلاقات القدرة Power relations

$$P_{in} = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\theta = 3\, V_{ph} I_{ph} \cos\theta$$

$$P_{SCL} = 3\, I_1^2 R_1$$

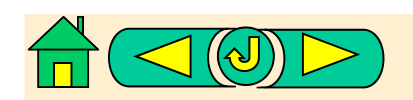
$$P_{AG} = P_{in} - (P_{SCL} + P_{core}) \quad = P_{conv} + P_{RCL} \quad = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad = \frac{P_{RCL}}{s}$$

$$P_{RCL} = 3 I_2^2 R_2$$

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{RCL} \quad = 3 I_2^2 \frac{R_2(1-s)}{s} \quad = \frac{P_{RCL}(1-s)}{s}$$

$$P_{conv} = (1-s) P_{AG}$$

$$P_{out} = P_{conv} - (P_{f+w} + P_{stray}) \qquad \tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} = \frac{(1-s)P_{AG}}{(1-s)\omega_s}$$



القدرة بالحصان
Horse power

علمنا مما سبق أن القدرة الفعالة للمحرك بالكيلو وات = جزر٣×التيار المسحوب بالأمبير ×جهد المحرك بالفولت× معامل القدرة

(عند جهد الخط) $P\,(KW) = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \times COSØ$

(عند جهد الوجه) $P\,(KW) = 3 \times I_{PH} \times V_{PH} \times COSØ$

ولتحويل هذه القدرة بالوات يتم الضرب ×1000

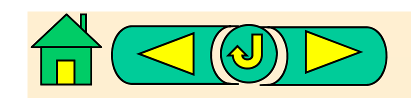
P (KW) =1000W

ولتحويل هذه القدرة بالحصان يتم القسمة ÷ 746

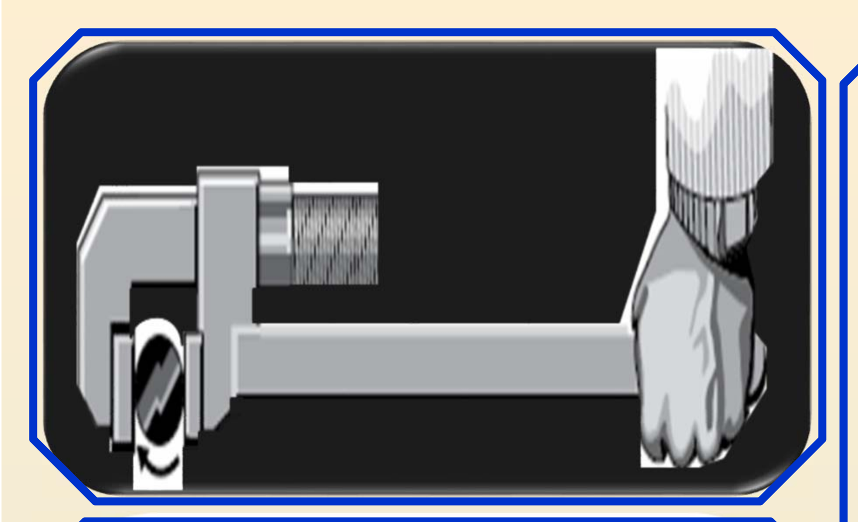
الحصان = 746 وات

القدرة بالحصان=القدرة بالكيلو وات × 1.34

القدرة بالكيلووات=القدرة بالحصان × 0.746



عزم المحرك وأنواعه (Torque)



- عزم الدوران T هو القوه المؤثرة بالالتواء على الأجسام فتسبب دورانها وتقاس بوحدة النيوتن متر وكما هو موضح بالشكل المقابل أن منحنى عزم المحرك يتكون من ثلاث مناطق للعزم أو ثلاثة عزوم
العزم الأول هو عزم العضو الدائر المتوقف أو عزم البدء

Locked Rotor Torque LRTوهو العزم الذى يبدأ به المحرك حركته من السكون و هو يعادل تقريبا 150% من عزم الحمل الكامل وكلما كان عزم البدء عالى كلما كان أفضل و هاما للمعدات الثقيلة

العزم الثانى عزم الاعتدال أو التحول Pull Out Torque - PUT

هو الحد الأدنى لبداية زيادة العزم قبل أن يصل إلى عزم الحمل الكامل وقيمته اصغر من عزم البدء وأكبر من عزم الحمل الكامل

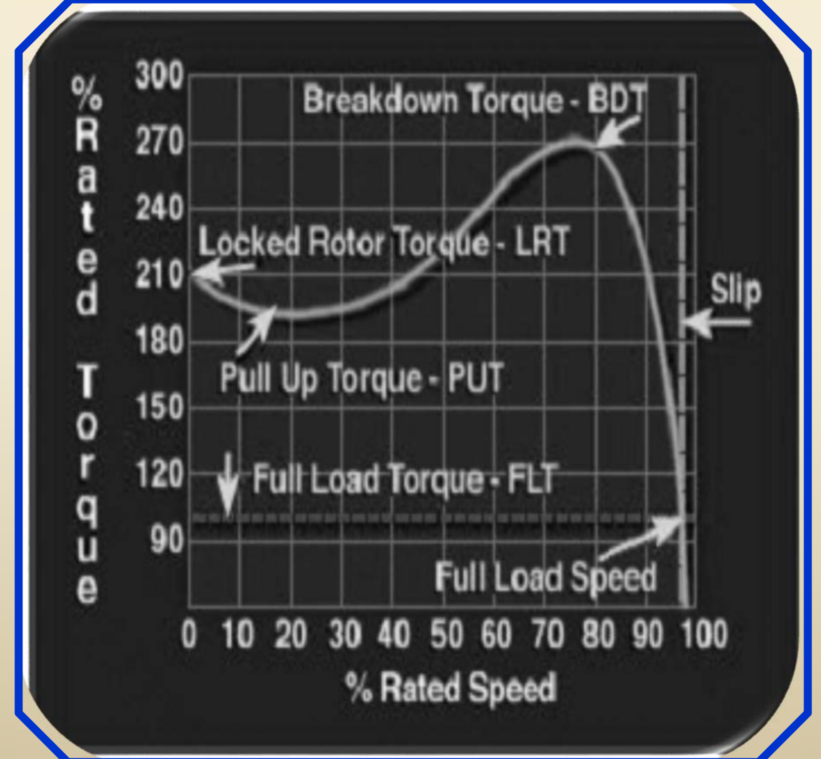
العزم الثالث عزم الانهيار Breakdown Torque - BDT

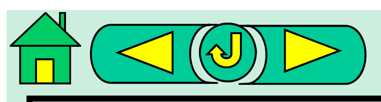
و هو أعلى قيمة للعزم قبل الانخفاض والوصول إلى قيمة عزم الحمل الكامل و هو يعادل تقريبا 200% من عزم الحمل الكامل

العزم الرابع وهو عزم الحمل الكامل Full Load Torque –FLT

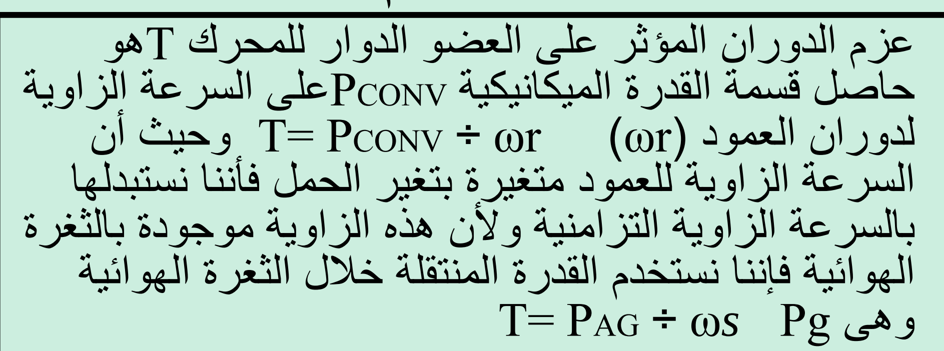
و هو العزم الذى يعمل عنده المحرك عند سرعة الحمل الكامل ليعطى قيمة القدرة المقننة للمحرك و هى تساوى بالباوند لكل قدم

(القدرة بالحصان×٥٢٥٢ ÷ السرعة باللفة فى الدقيقة) باوند/قدم
الواحد باوند لكل قدم = 1.355817948نيوتن لكل متر





حساب عزم المحرك



- عزم الدوران المؤثر على العضو الدوار للمحرك T هو حاصل قسمة القدرة الميكانيكية P_{CONV} على السرعة الزاوية لدوران العمود (ωr) $T = P_{CONV} \div \omega r$ وحيث أن السرعة الزاوية للعمود متغيرة بتغير الحمل فأننا نستبدلها بالسرعة الزاوية التزامنية ولأن هذه الزاوية موجودة بالثغرة الهوائية فإننا نستخدم القدرة المنتقلة خلال الثغرة الهوائية وهى Pg $T = P_{AG} \div \omega s$
- $\omega s = 2\,\pi\,ns \div 60$ (rad/sec) ومن قوانين القدرة السابقة علمنا أن $P_{AG} = 3\times I^2{}_2\times R_2 \div S$ وبالتعويض في المعادلة الأولى نجد أن $T = 3\times I^2{}_2\times R_2 \div S/\,2\pi ns \div 60$ وفي المعادلة السابقة نجد أن بها بعض القيم الثابتة مثل (3) و (ns) سرعة التزامن و (2) و(π) نسبة تقريبية = 3.14 و (60) ومن الممكن تجميع هذه القيم من المعادلة لجعلها رقم ثابت $K = (3\times 60) \div (2\,\pi\,ns)$ وبذلك تصبح المعادلة كالتالي $T = K\times I2\times R2^2 \div S$ وبالرجوع إلى الدائرة المكافئة نجد أن $I2 = V1 \div Zq$ حيث أن $Zeq = \sqrt{(R1+R2/S)^2+X^2eq}$ وبالتعويض عن قيمة التيار نجد أن المعادلة النهائية للعلاقة بين الانزلاق والعزم والتي يتم حساب العزم منها عند أي نقطة قيمة للانزلاق

$$T = K \cdot \frac{V_1^{\,2}}{(R_1 + R_2' / S)^2 + X_{eq}^{\,2}} \cdot \frac{R_2'}{S}$$

- T_{MAX} (أقصي قيمة للعزم)

$$T_{\max} = K \cdot \frac{V_1^2}{2X_2'}$$

- T_{START} (عزم البدء)

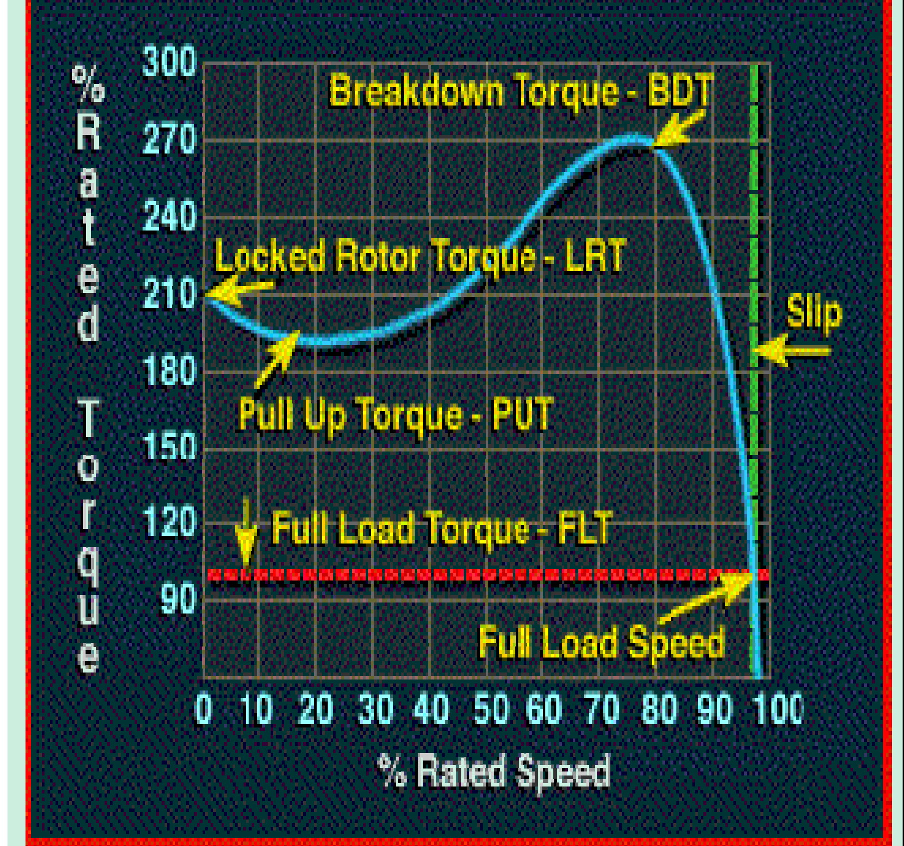
$$T_{Start} = K \cdot \frac{V_1^2}{(R_1 + R_2')^2 + X_{eq}^2} \cdot R_2'$$

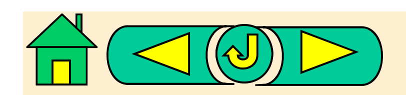
حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة باللفة فى الدقيقة

العزم بالرطل لكل قدم =القدرة بالحصان×٥٢٥٢ ÷السرعة باللفة فى الدقيقة

$$T(lb\text{-}ft) = P(hp)\times 5252 \div RPM$$

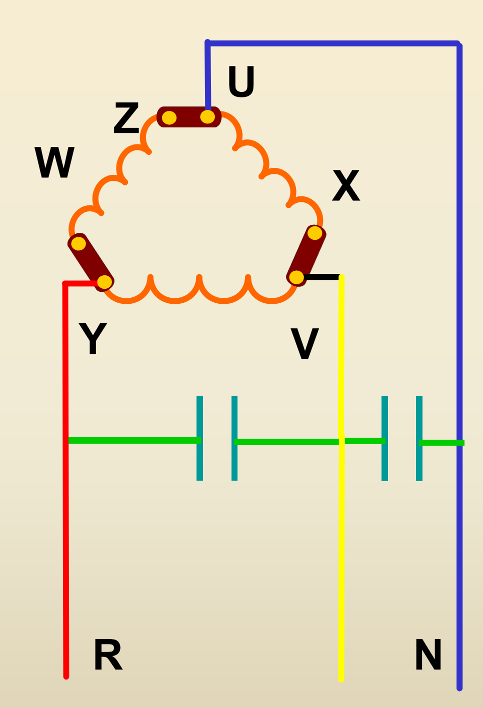
الواحد باوند لكل قدم = ١,٣٥٥٨نيوتن لكل متر



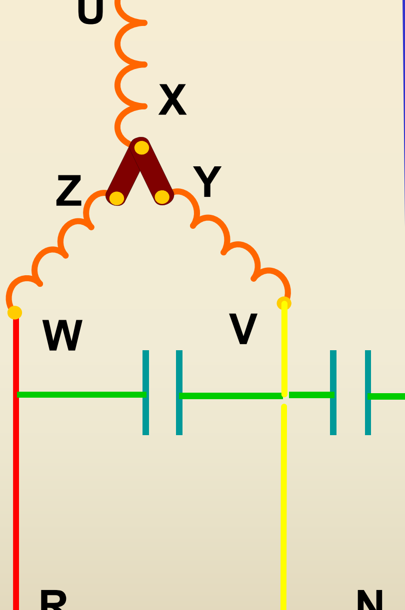


كيفية عمل المحرك الثلاثى الوجه كأحادى الوجه

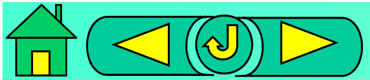
- من الممكن أن يعمل المحرك الثلاثى الوجه على جهد أحادى الوجه ولكن بشرط أن يتم التعديل فى طريقة التوصيل الخارجي ويتم إضافة مكثف مناسب ليقوم بإنشاء زاوية وجه متقدمة ينشأ عنها مجال مساعد يتفاعل مع المجال الأصلى ويقوم بدوران المحرك ولكن يجب الانتباه أن التيار المسحوب من المحرك فى حالة توصيل الوجه الواحد سوف تكون أعلى بكثير وسوف تقل قدرته وبالتالى كفائتة منه عند التوصيل على الثلاث أوجه ولذلك يجب التأكد قبل التوصيل أن ملفات المحرك تتحمل هذا التيار ولذلك فإن هذه الطريقة لا تصلح إلا للمحركات الصغيرة التى لا تتعدى 3KWومثال على ذلك إذا كان محرك ثلاثى الوجه قدرته 3KW و يعمل على جهد 380 V فإن تياره عند 0.8 COSΦ يكون
- $I = P \div (\sqrt{3} \times V \times COS\Phi)$
- $I = 3000 \div \sqrt{3} \times 380 \times 0.8 = 5.2A$
- $I = P / (V \times COS\Phi)$
- $I = 3000 \div 220 \times 0.8 = 17A$
- ولعكس اتجاه الدوران يتم فصل طرف المكثف المتصل بأحد طرفى المصدر وتوصيلة بطرف المصدر الاخر



أنقر هنا للتوصيل على وجه واحد ثم أنقر لعكس الاتجاه

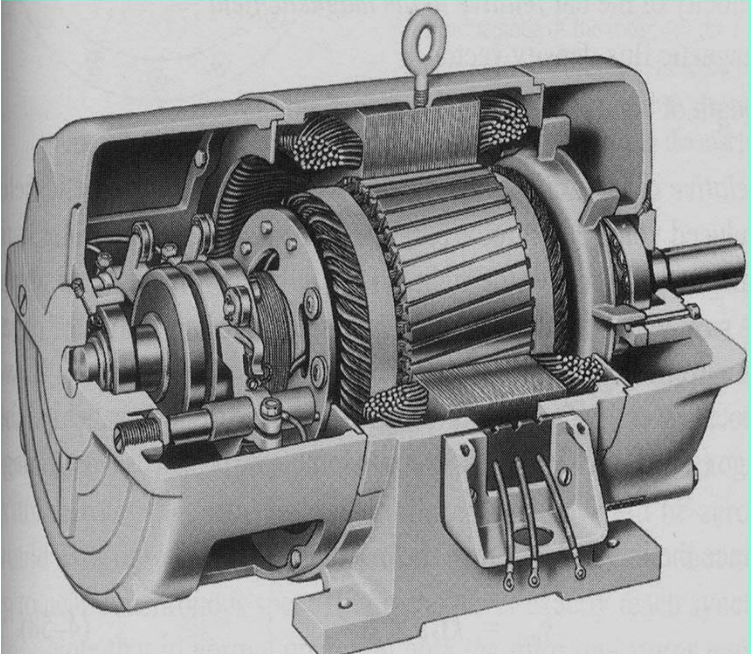


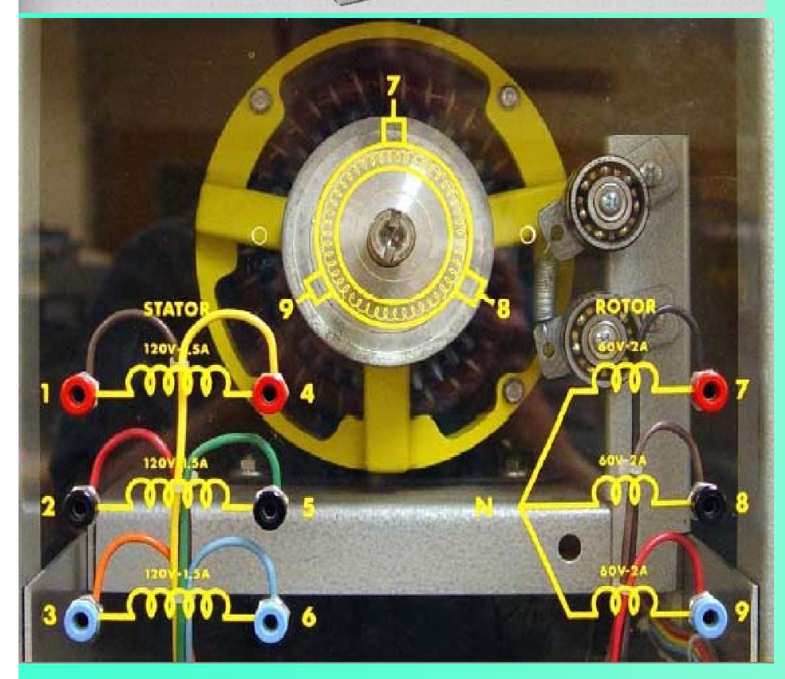
أنقر هنا للتوصيل على وجه واحد ثم أنقر لعكس الاتجاه

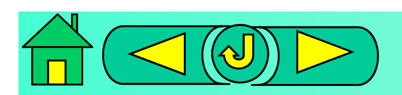


ثانيا المحرك ذو القلب الملفوف WOND ROTOR MOTOR صورة

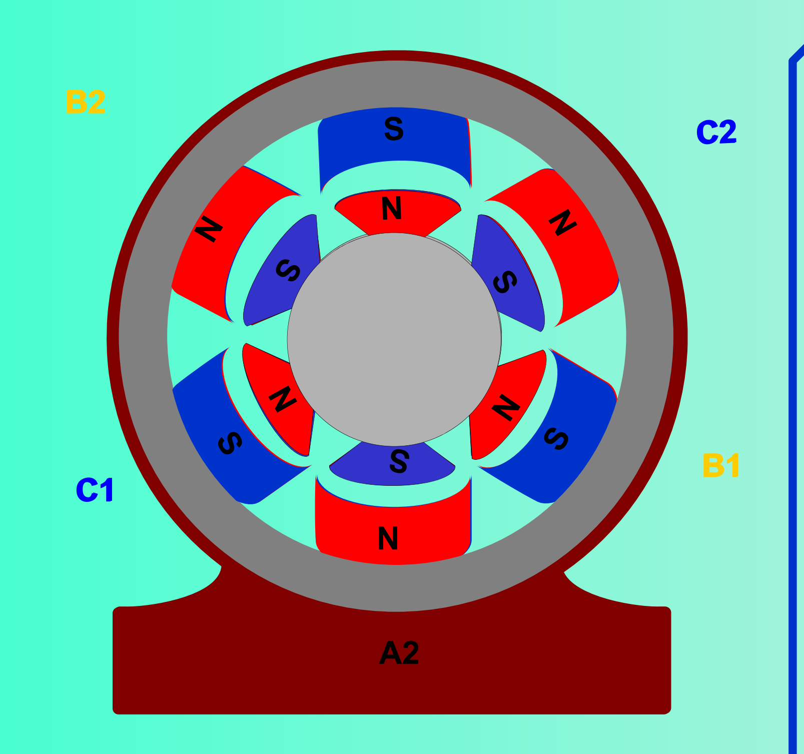
- العضو الثابت يتشابه تماما مع العضو الثابت لمحرك القفص السنجابى صورة
- العضو الدوار يختلف العضو الدوار عن العضو الدوار لمحرك القفص السنجابى حيث انه صورة
- يتركب من مجموعة شرائح من رقائق الصلب السليكونى المشقوق على محيطها الخارجى مجموعة فتحات عند تجميع هذه الشرائح وضغطها تتكون مجارى يتم تقسيمها لعدد من الاقطاب بشرط أن يتساوى مع أقطاب العضو الثابت وتقسم المجارى تحت كل قطب إلى ثلاثة مجموعات كل مجموعة يوضع بها ملفات أحد الأوجه الثلاثة بحيث يكون بين كل ملفات وجه والأخر زاوية ١٢٠ درجة كهربية ويتم توصيل أطراف هذه المجموعات على شكل نجمة بحيث يقصر ثلاثة أطراف مع بعضها داخل العضو الدوار بينما يتم توصيل الثلاثة أطراف الاخرى إلى ثلاث حلقات انزلاق مركبة على عمود الإدارة الذى تم شحطة داخل مجموعة شرائح الصلب السليكونى ويتم توصيل مجموعة من المقاومات الخارجية من خلال الفرش الكربونية المتصلة بحلقات الانزلاق ويتم توصيل مجموعة من المقاومات الخارجية من خلال الفرش الكربونية المتصلة بحلقات الانزلاق للتحكم فى تيار البدء وتنظيم سرعته







نظرية دوران المحرك ذو حلقات الانزلاق



- كما تم شرح المحرك ذو العضو الدوار نجد أنه يشترط أن يكون العضو الدوار ملفوف بحيث يتساوى عدد أقطابه مع عدد أقطاب العضو الثابت وبالتالى نجد انه عندما يقطع المجال الدوار داخل العضو الثابت والذى تم شرحه سابقا ملفات العضو الدائر يتولد بها قوة دافعة كهربية (قانون فارادای) ولان هذه الملفات تكون مقصورة مع بعضها من خلال المقاومات أو بدونها فى المحركات الصغيرة يمر تيار بهذه الملفات معاكس للتيار الاصلى المتسبب به (قاعدة لينز) وبالتالى ينتج عنه مجال مختلف عن المجال الاصلى فنجد ان الاقطاب الرئيسية بالعضو الثابت يقابلها اقطاب مختلفة فى القطبية بالعضو الدائر وبالتالى يحدث التجاذب والتنافر بين هذه الاقطاب فينتج عن ذلك حركة العضو الدائر

التحكم فى بدء المحرك ذو العضو الملفوف

بعد توصيل مجموعة من المقاومات الخارجية التي غالباً ما تكون مغمورة بالزيت في المحركات الكبيرة من خلال الفرش الكربونية المتصلة بحلقات الانزلاق كما هو موضح بالشكل وكما نلاحظ ان قيمة المقاومات فى البداية تكون موصلة لتعطى أعلى قيمة لها وبذلك تكون قيمة مقاومة ملفات العضو الدوار عالية مما يعمل على خفض قيمة تيار البدء مع الحصول على عزم أقلاع عالى ثم نبدأ بخفض قيمة المقاومة لنخرج بالجزء A لتقل قيمة المقاومة ثم نخرج بالجزء B ثم الجزء C وبالرجوع إلى منحنيات علاقة مقاومة العضو الدوار في المحركات التحريضية وعزم الإقلاع وتيار الإقلاع نجد انه كلما كبرت مقاومة العضو الدوار كلما زاد عزم الإقلاع وخف تيار البدء

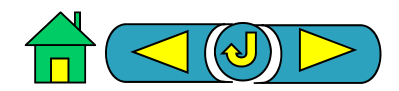
لذلك تضاف هذه المقاومات على التسلسل مع العضو الدوار في المحركات التحريضية ذات حلاقات الانزلاق وذلك بهدف:

١- لزيادة عزم الإقلاع

٢- تخفيض سرعة الإقلاع ومرونة عالية وانسيابية في بدأ الدوران

٣- تخفيض تيار الإقلاع ما أمكن

ويتم الإقلاع على عدة مراحل بعدد مجموعات المقاومات

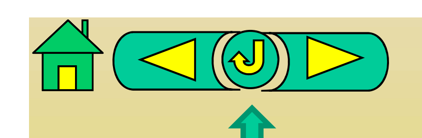


نهاية الجزء الأول الخاص بالمحركات الحثية

من دورة محركات التيار المتردد ثلاثية الوجه

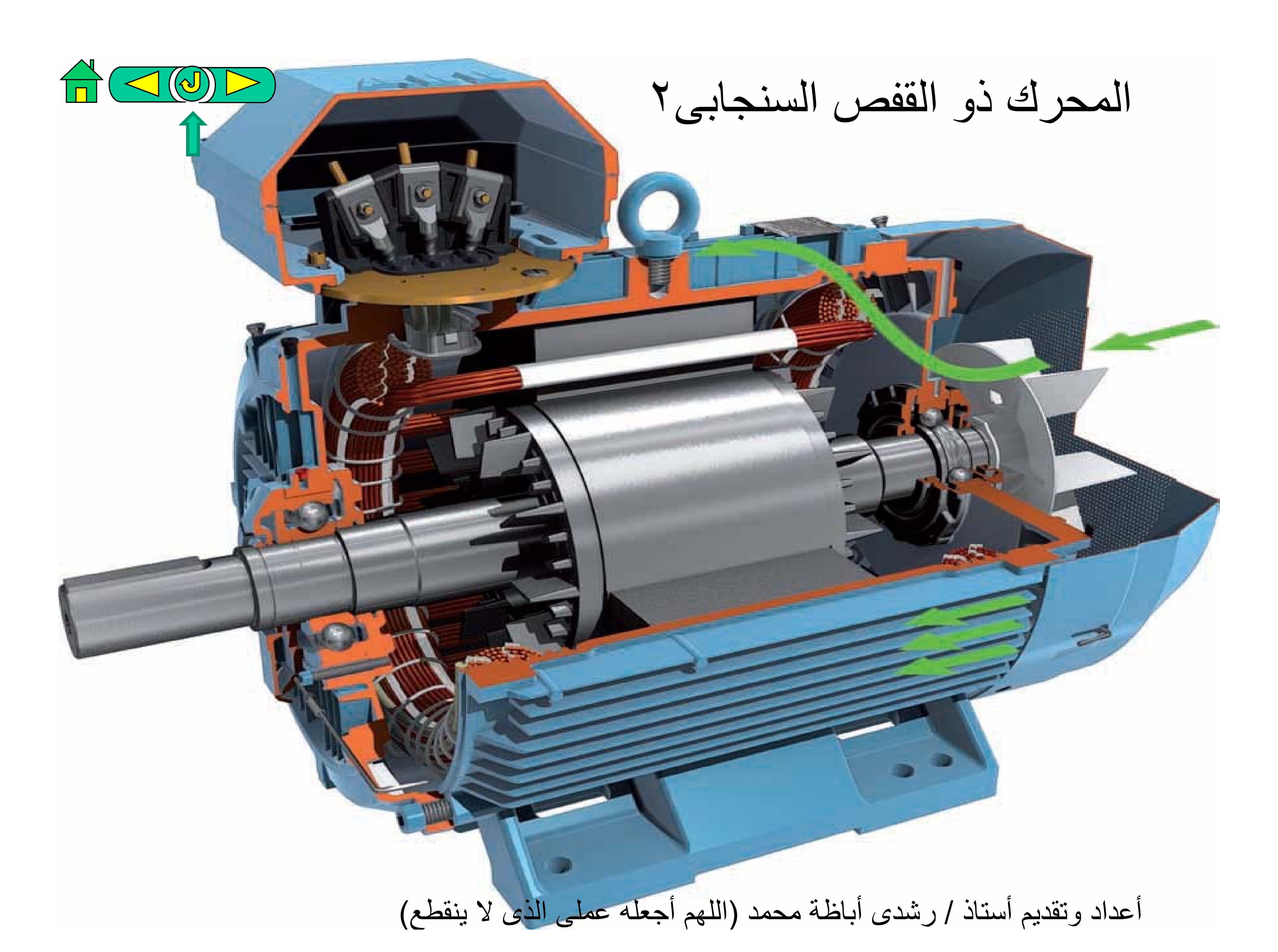
وإلى اللقاء مع المحركات التزامنية

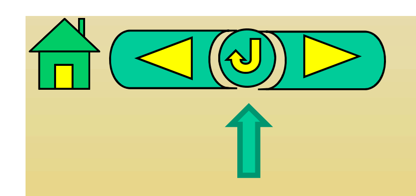
مع تحيات أخوكم / رشدى أباظة محمد



المحرك ذو القفص السنجابى

أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)


المحرك ذو القفص السنجابى٢
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)



العضو الثابت لمحرك القفص السنجابى

FAN AND HOUSING

END BELLS

STATOR WINDING

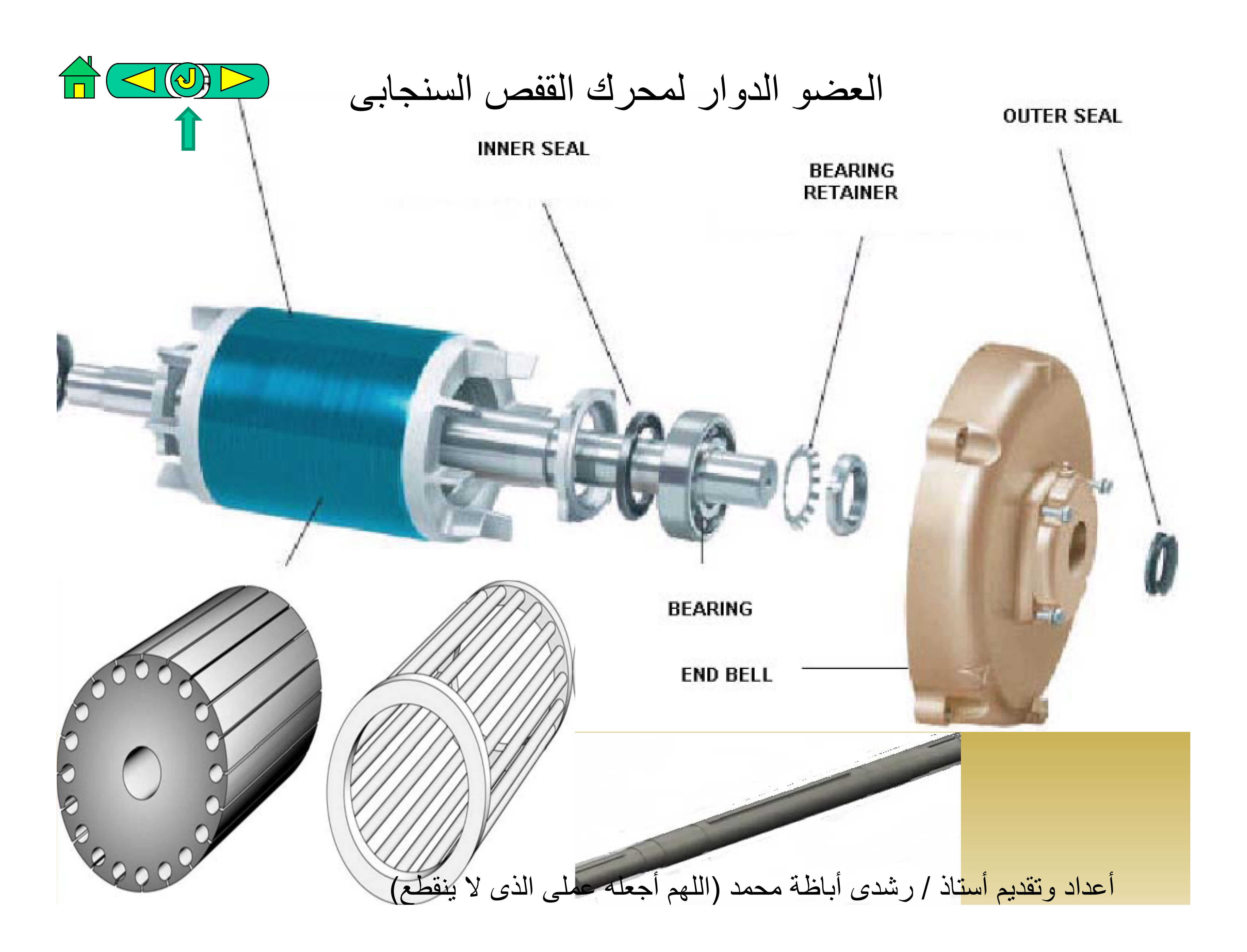
TERMINAL BOX

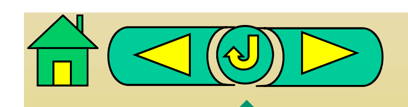
STATOR FEET

BEARING

STATOR WINDING

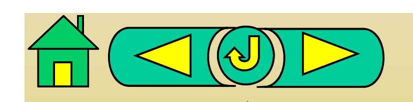
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)


العضو الدوار لمحرك القفص السنجابى
INNER SEAL
BEARING
RETAINER
OUTER SEAL
BEARING
END BELL
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)

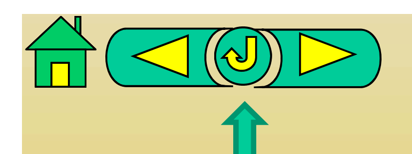


الهيكل الخارجى لمحرك

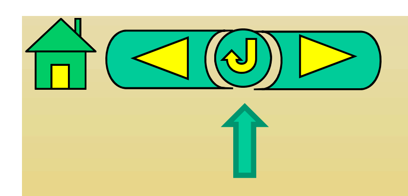
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)



العضو الثابت للمحرك ثلاثى الوجه



غطائى المحرك الثلاثى الوجه



مروحة تبريد المحرك
Air fan cooler

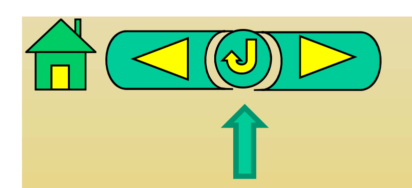
بعض أشكال ملفات محركات الثلاثية الوجه



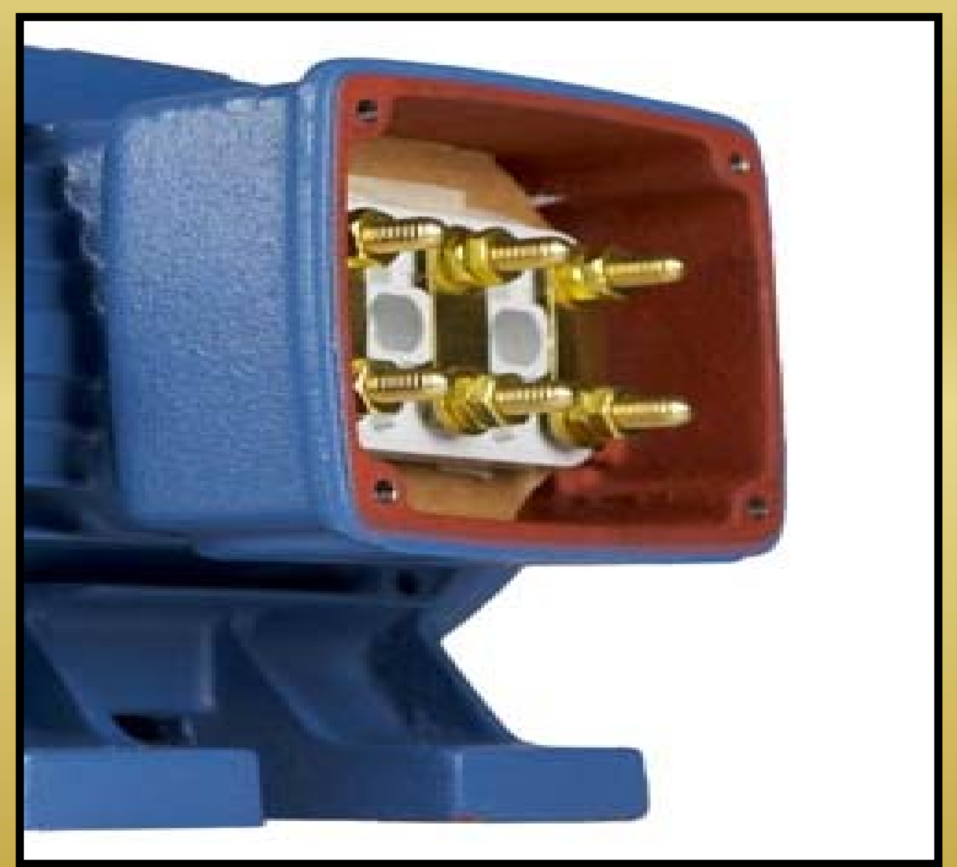
(بارات نحاسية) ملفات محركات ضغط متوسط

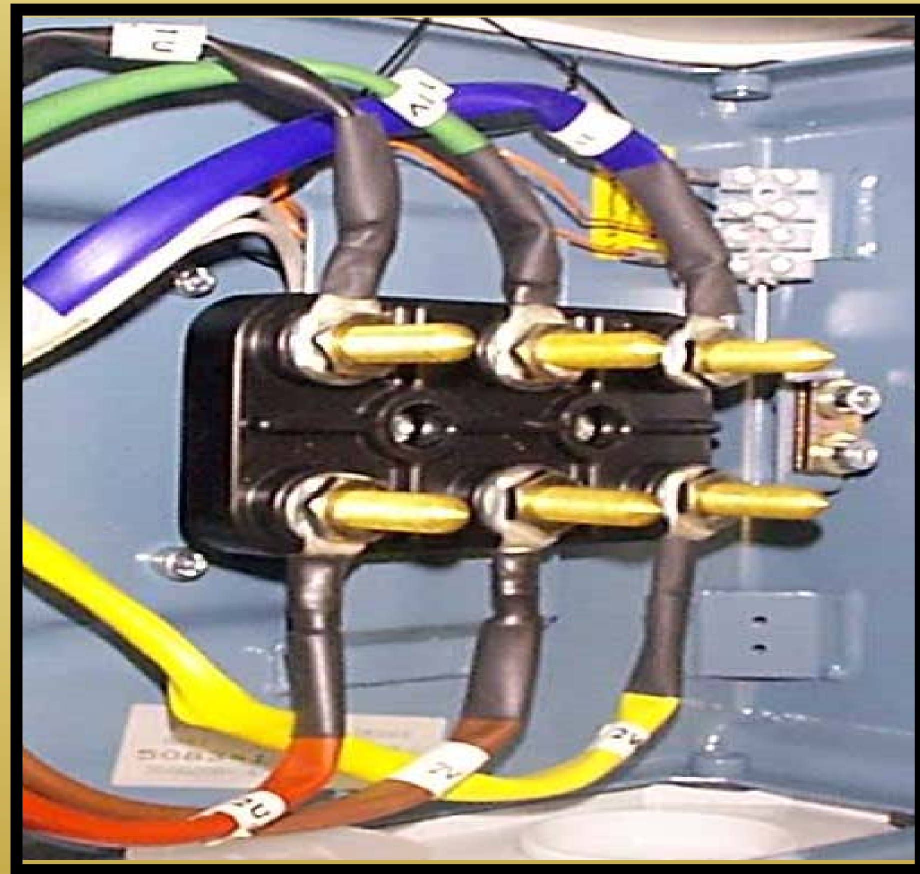


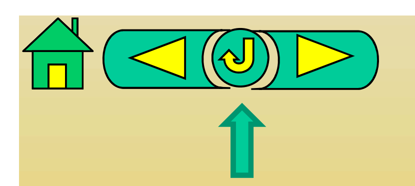
(أسلاك نحاسية) ملفات محركات ضغط منخفض



علبة التوصيل للمحرك



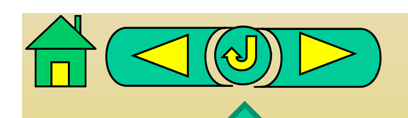




الدائرة المكافئة للمحرك

R1 X1 N1
I1
Iµ Im
V1 Rc Xm E1
N2 X2
I2
R2/S

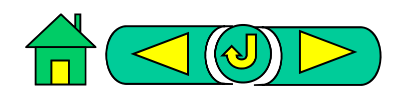
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)



المحرك ذو القلب الملفوف WOND ROTOR MOTOR

صورة أخرى

أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)



المحرك ذو حلقات الأنزلاق مع صندوق تغير مقاومات البدء

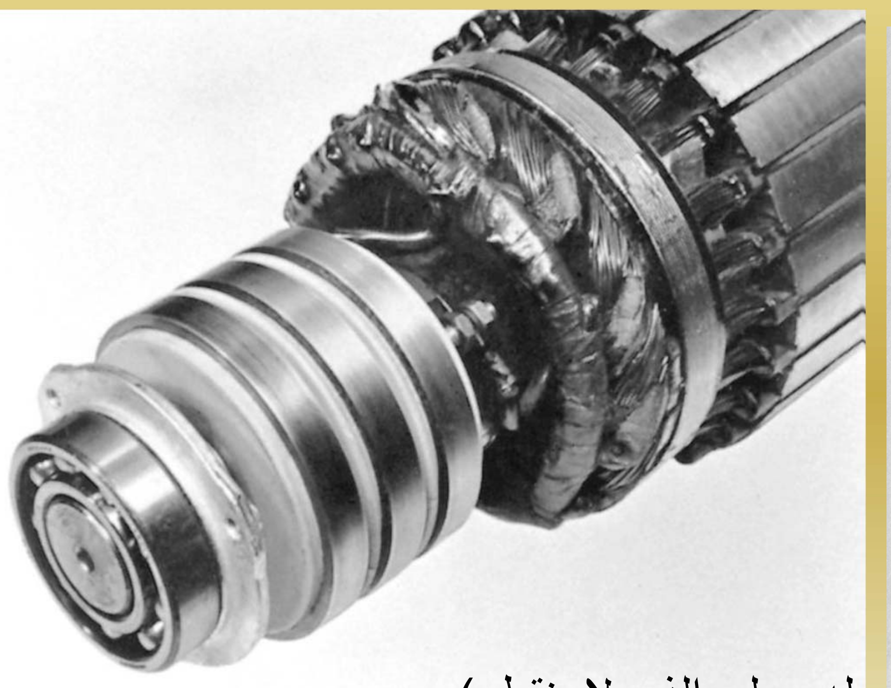


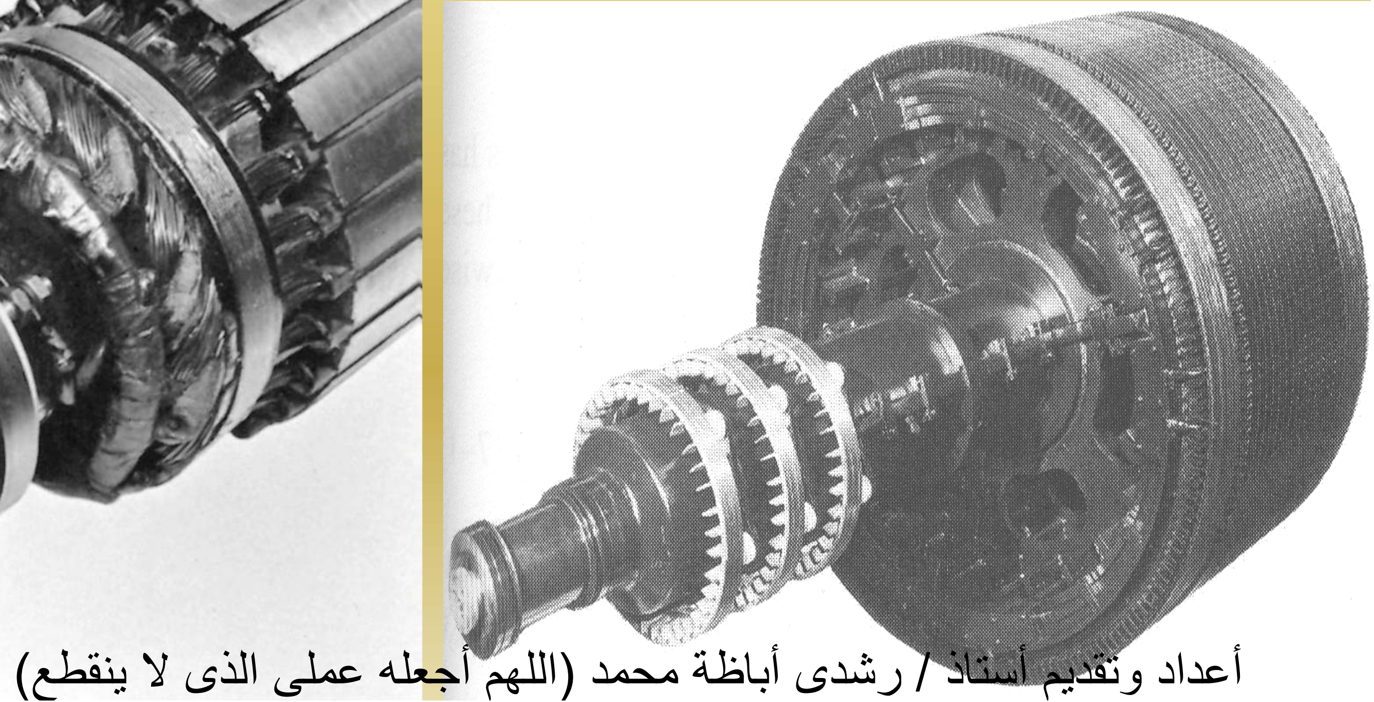


العضو الدائر الملفوف وحلقات الانزلاق

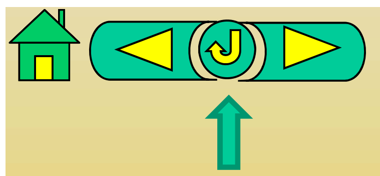






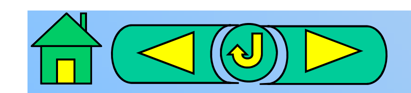


أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)



نموذج لمحرك ذو عضو ملفوف

أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)

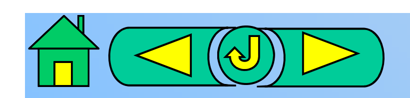


مقدمة عن طرق بدء حركة المحركات الأستنتاجية

Methods Of Starting Motors

- من المعروف أن المحرك الحثى وخاصة المحرك ذو القفص السنجابى عند بدء حركته يسحب تيار عالى جدا ولذلك يجب أن يصمم المحرك بحيث يتحمل هذا التيار العالي للتغلب على القصور الذاتي للكتلة الميكانيكية للمحرك (المتمثلة فى العضو الدائر) مما يستلزم عزم كبير فى البداية ، ويبلغ التيار فى بداية التشغيل من ٤ إلى ٨ مرات قدر تيار التحميل المقنن للمحرك حسب تصميم المحرك، وقد يسبب هذا التيار العالي هبوطا حادا فى الجهد الكهربي المغذي للشبكة مما يؤدي إلى فصل بعض الأحمال ، لذلك يجب ألا يزيد الهبوط فى جهد المصدر أثناء بدء تشغيل المحرك عن ٤ % ولكى نقوم بتشغيل اى محرك يجب توفر دائرة كهربية مناسبة لكى تقوم بتغذية المحرك بالجهد الكهربى اللازم ويجب أن تتحمل هذه الدائرة تيار البدء للمحرك وأن تتحمل ظروف التشغيل المتكرر وأن تحتوى على الحماية الكافية لحماية المحرك من الأحتراق وفيما يلى طرق توصيل المحرك لبدء حركته وتشغيله وشرحها
- **التوصيل والبدء المباشر Direct On Line**
- **البدء بطريق النجمة دلتا Star delta**
- **البدء بواسطة المحول النفسى Auto Transformer Starter**
- **التوصيل بواسطة أضافة مقاومات أو ممانعات بالتوالى مع العضو الثابت**

  Motor Starting Primary Resistance OR Reactors
- **البدء بمقاومات العضو الدائر Motor Starting - Rotor Resistance**
- **البدء بواسطة أجهزة البدء الناعم Soft Start**
- **البدء بواسطة أجهزة مغيرات السرعة Frequency inverter**



طرق بدء حركة المحركات الأستنتاجية
Methods Of Starting Motors

Direct On Line البدء المباشر

Star delta البدء بطريق النجمة دلتا

Auto البدء بواسطة المحول النفسى

Transformer Starter

البدء بواسطة إضافة مقاومات أو ممانعات بالتوالى مع العضو الثابت

Motor Starting Primary Resistance OR Reactors

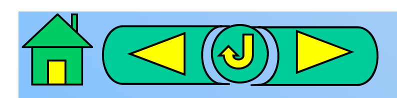
Motor Starting - البدء بمقاومات العضو الدائر Rotor Resistance

Soft Start البدء بواسطة أجهزة البدء الناعم

البدء بواسطة أجهزة مغيرات السرعة Frequency inverter

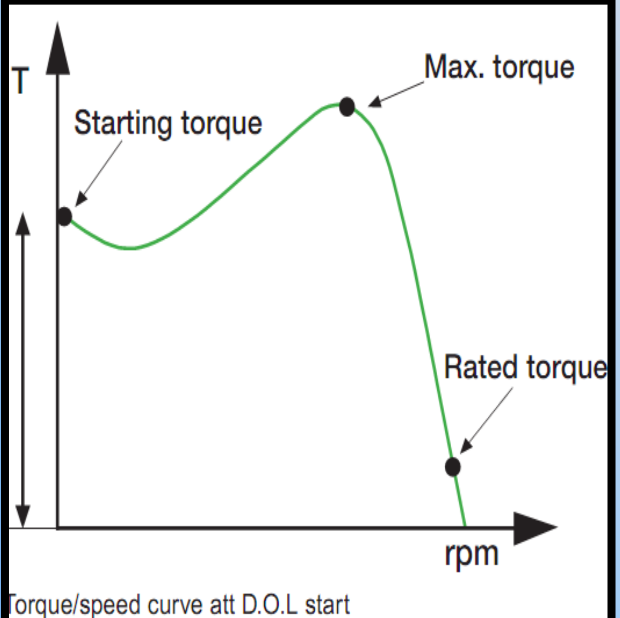
مقارنة بين منحنيات طرق بدء المحرك الأستنتاجى

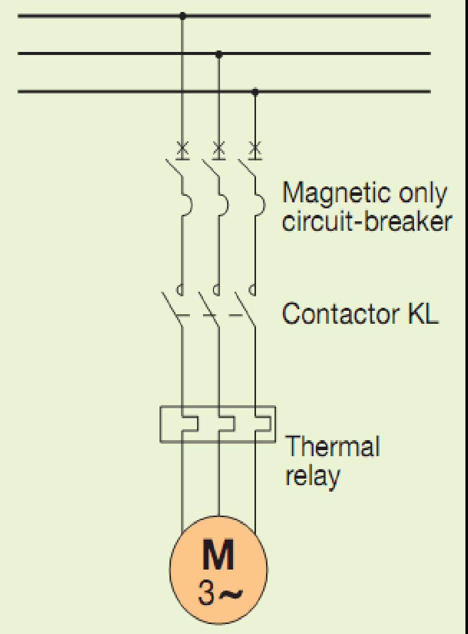
أعداد وتقديم أستاذ / رشدى أباظة محمد (اللهم أجعله عملى الذى لا ينقطع)

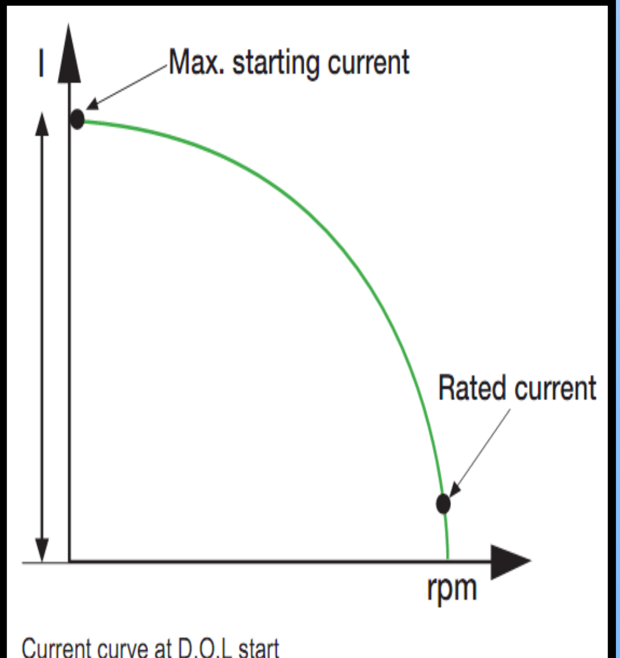


Direct On Line (DOL) التوصيل المباشر

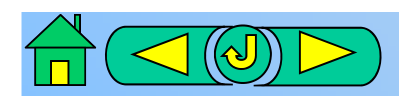




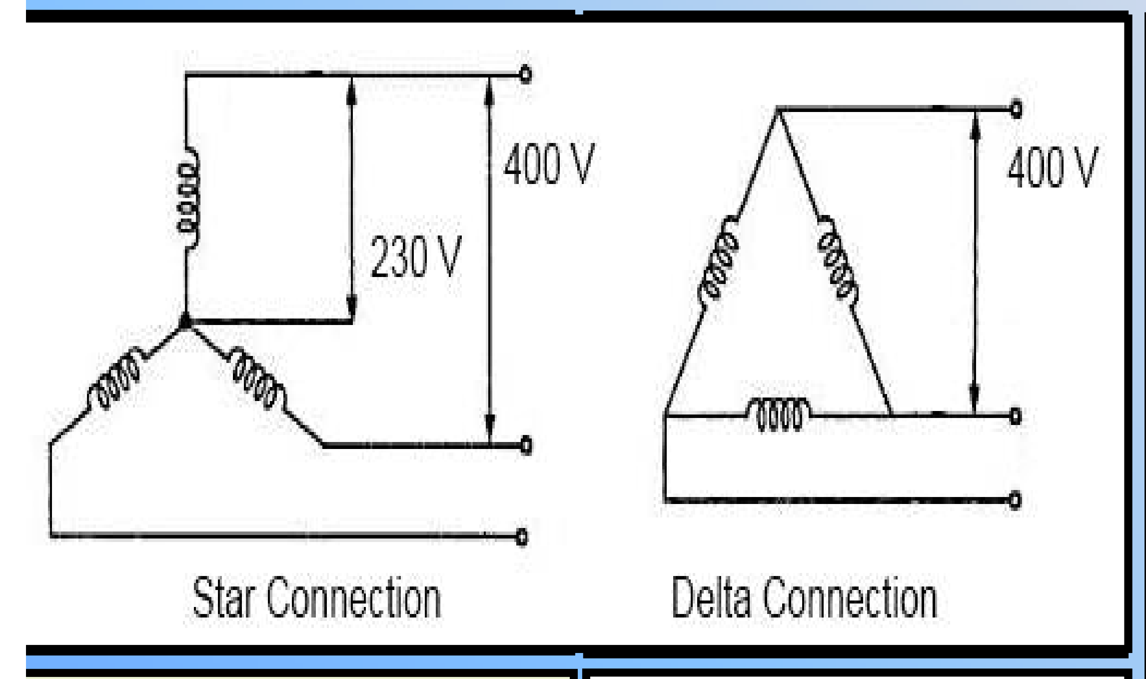


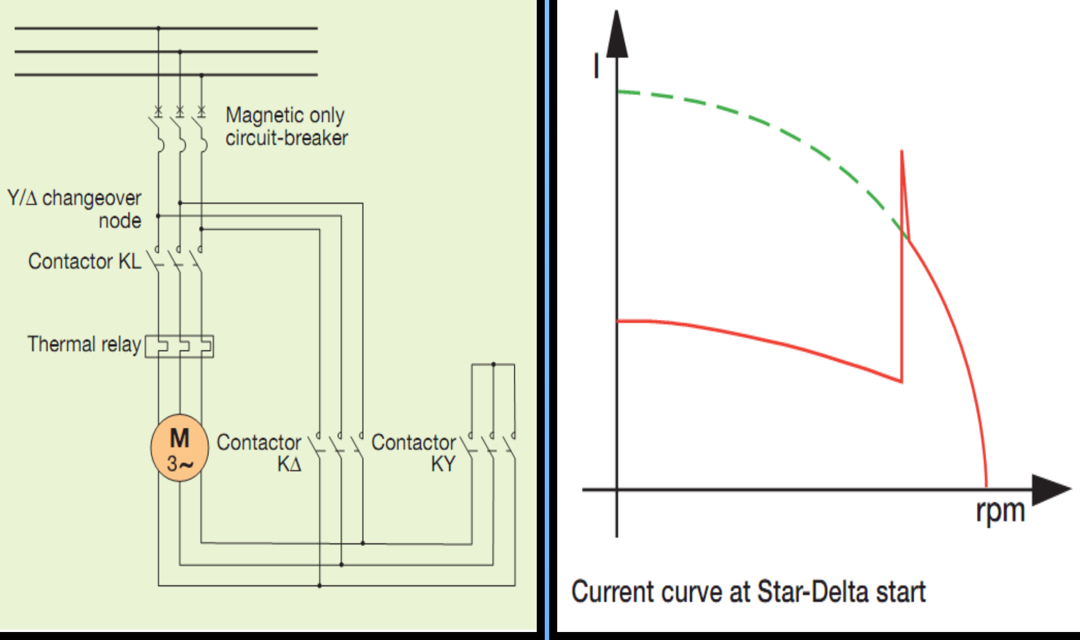


- التوصيل المباشر للمحرك والمقصود به هو تغذية المحرك بجهد المصدر المباشر ويتم ذلك من خلال قاطع فقط أو من خلال قاطع وكونتاكتور وثرمال كما هو موضح بالصورة وتعتبر هذه الطريقة هى الأكثر شيوعا فى طرق توصيل المحركات لما تتميز به من بساطة فى التركيب وقلة تكاليفها وقلة صيانتها ومن أهم مميزات هذه الطريقة أنها تمنح المحرك عزم كبير جدا يعتبر هو أكبر عزم تمنحه طريقة توصيل لمحرك كما هو موضح بمنحنى العزم ولكن يعيب هذه الطريقة فى التوصيل هو أنها تجعل المحرك يسحب أكبر نسبة تيار من الممكن أن تسحب من خلال طرق التوصيل المختلفة قد يصل من ٤ إلى ٨ مرات قدر التيار المقنن حسب تصميم المحرك ولذلك يجب أن تكون الشبكة المغذية لمثل هذه المحركات تتحمل هذا التيار العالى وكذلك يجب أن تكون مكونات الدائرة المغذية للمحرك
- ولهذه العيوب تم الفكير فى طرق اخرى لتوصيل المحركات لتفادى تيار البدء العالى وكذلك أحيانا للحصول على عزم بدء منخفض وتشغيل ناعم للمحركات



Star delta التوصيل بطريق النجمة دلتا





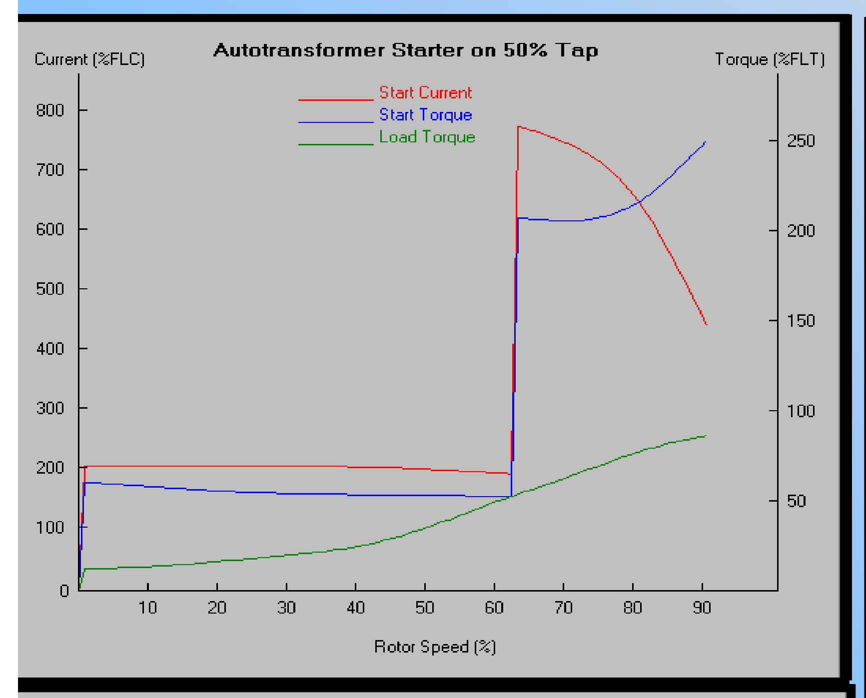
Current curve at Star-Delta start

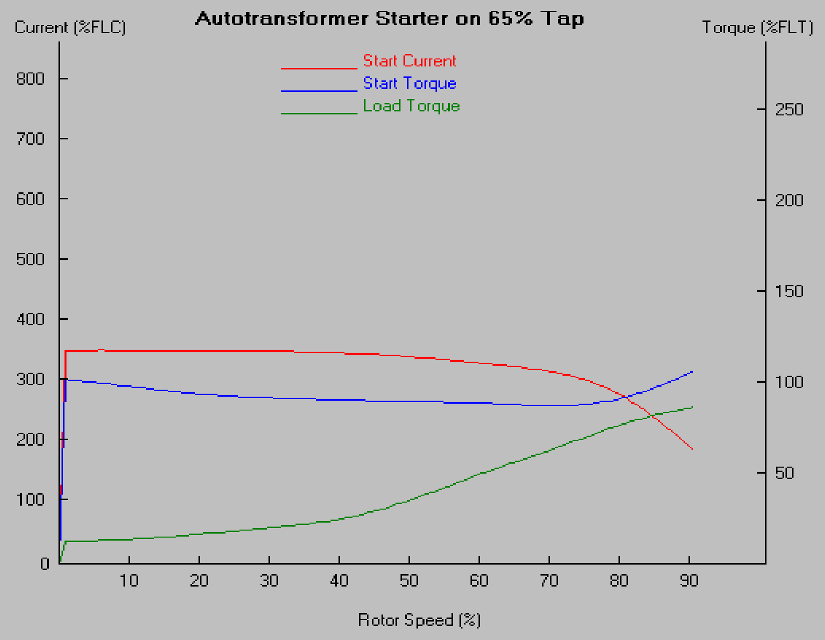
- لشرح هذه الطريقه يجب ان نعود لكلا من توصيلة النجمة و الدلتا للمحرك ومنها يتضح أن فى توصيلة النجمة يكون جهد الخط للمصدر مطبق على وجهين من الملفات وبالتالى تزيد مقاومة الملفات فيقل التيار **I L = I ph**

أنقر لرؤية كيفية التوصيل

- بينما فى توصيلة الدلتا نجد أن جهد الخط المصدر يكون مطبق على وجه واحد وبالتالى تقل مقاومة الملفات فيزيد التيار **I L = √3× Iph** وبذلك يتم توصيل المحرك فى بادئ الامر نجمه وبعد مرور فترة البدء التى لا تتعدى ثوانى قليلة من ٥إلى ١٠ يتم تغير التوصيلة إلى دلتا ويتم ذلك بواسطة طرق مختلفة مثلا مفتاح نجمة دلتا للمحركات الصغيرة جدا أو دائرة مكونة من ثلاثة كونتاكتور واحد رئيسى لتغذية ثلاث بدايات المحرك وكونتاكتور النجمه لقصر الثلاث نهايات ثم كونتاكتور الدلتا لتوصيل كل بداية وجه مع نهاية الوجه الأخر ومن مميزات هذه الطريقة خفض التيار إلى الثلث تقريبا رخيصة وبسيطة عيوبها انخفاض عزم البدء و تسبب هبوط فى الشبكة لحظة التحويل من **Y** إلى **Δ**

البدء بواسطة المحول النفسى Auto Transformer Starter





- تشبه طريقة النجمة دلتا من حيث منطق تخفيض جهد البدء للمحرك ولكن تختلف معها من حيث انها تعطى مدى أكبر لتغير الجهد كما يمكن التحكم فى الجهد اثناء مرحلة البدء بواسطة مقسم الجهد للمحول (TAPPING)
- كما أن القدرة على تغيير مستوى الجهد للمحرك بواسطة المحول النفسى لا تفيد فقط فى تقليل تيار البدء ولكن تستطيع أيضا التحكم فى عزم بدء الدوران حسب متطلبات الآله المرتبطة بالمحرك . (طريقة التوصيل) تتم بواسطة غلق كونتاكتور النجمه للمحول ثم يتم غلق الكونتاكتور المغذى للمحول فيتم تغذية المحرك من خلال المحرك وبعدما يصل المحرك إلى السرعة الكامله يتم فتح كونتاكتور النجمة ونغلق الكونتاكتور الرئيسى KLلتغذية المحرك مباشر ويجب الأنتباه لعدم غلق الكونتاكتور الرئيسى وكونتاكتور النجمة معا لعدم حدوث قصر ومن الأفضل أن يكون بينهما ربط ميكانيكى
- خصائص هذه الطريقة مساحة للتحكم فى تيار البدء تصل من 40%:65%:80% (٢) أعلى قيمة لتيار البدء تصل من (1.7) : (4) IN (٣) أعلى قيمة لعزم البدء تصل من 40%:65%:80%
- مميزاتها (١) تحكم جيد وأمن فى جهد البدء وبالتالى تيار البدء وعزم البدء (٢) عزم بدء وتيار بدء جيدين (٣) لاتسبب فصل أو هبوط فى جهد المصدر المغذى للمحرك
- عيوبها أرتفاع تكاليف أنشائها

أنقر لرؤية منحني العزم والتيار

التوصيل بواسطة أضافة مقاومات أو ممانعات (ملفات خانقة)

- فى هذه الطريقة يتم فى بداية تشغيل المحرك توصيل مقاومات أو ممانعات (ملفات خانقة) بالتوالى مع ملفات العضو الثابت ويكون ذلك بالطبع خارج المحرك وبذلك يحدث هبوط فى الجهد بالمقاومات مما يؤدى لأنخفاض الجهد على أطراف المحرك وبالتالى أنخفاض التيار بنفس النسبة وبعد أن يصل المحرك لسرعته الكاملة نقوم بعمل قصر على أطراف المقاومات أو الممانعات بواسطة كونتاكتور يكون مفتوح فى البداية فتخرج المقاومات أو الممانعات من الدائرة ويعمل المحرك على التيار مباشرة

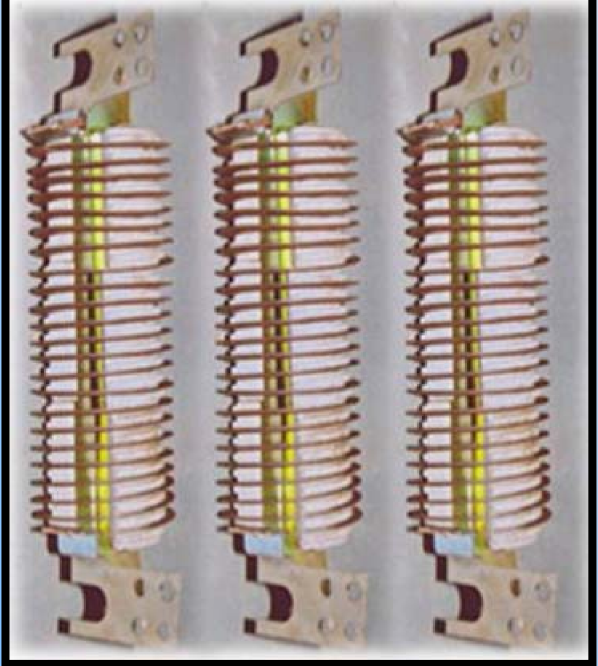
  خصائص هذة الطريق أتاحة تيار بدء يصل إلى ٧٠% وتصل أعلى قيمة لتيار البدء ٤,٥مرة من التيار المقنن وتصل أعلى قيمة لعزم البدء إلى٥٠%

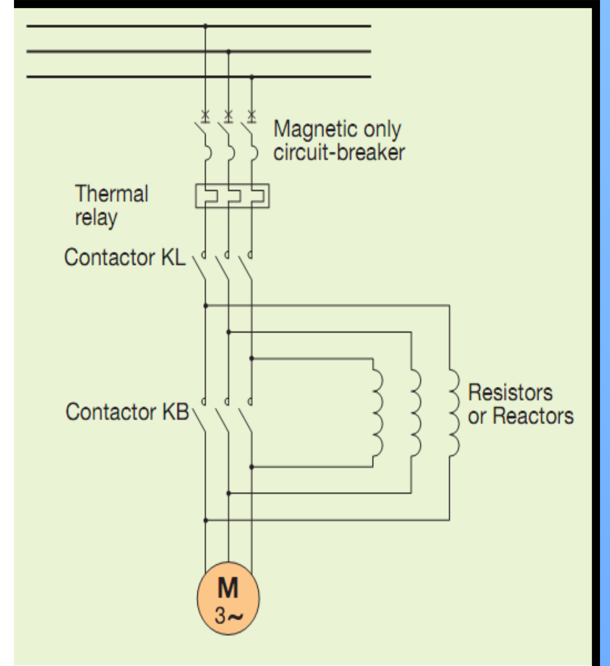
- عيوب هذه الطريقة

  انخفاض عزم بدء المحرك مما يؤدى الى زيادة زمن البدء

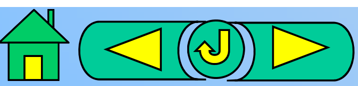
  زيادة المفاقيد النحاسية نتيجة مرور التيار فى المقاومة خلال فترة البدء







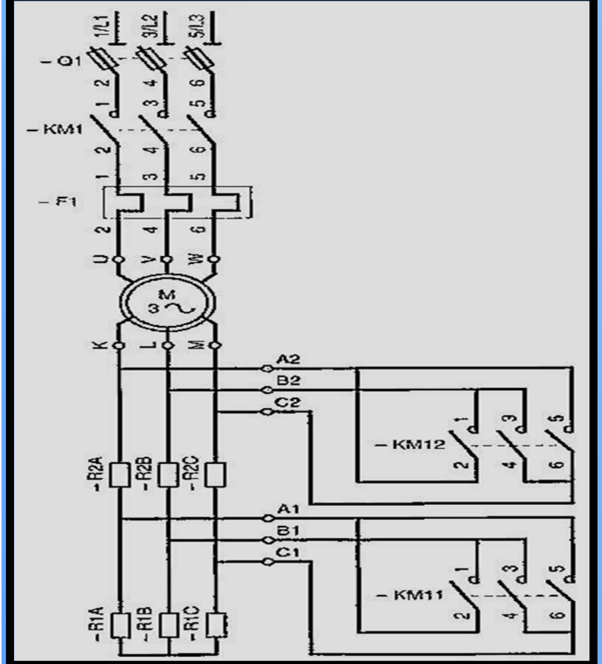


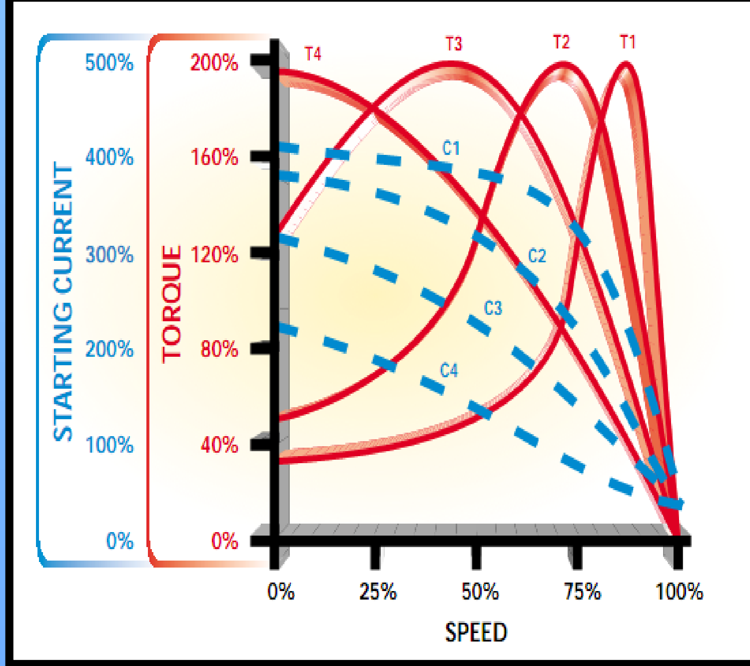


البدء بمقاومات العضو الدائر Motor Starting - Rotor Resistance



- وتستخدم هذه الطريقة فى المحركات ذات العضو الدوار الملفوف فقط والتى تحتوى على حلقات أنزلاق حيث أننا نقوم بعمل قصر على نهايات ملفات العضو الدائر بواسطة مجموعة من المقاومات متصلة بالتسلسل ثم نبدأ بتشغيل المحرك فتكون قيمة مقاومة ملفات العضو الدائر فى أقصى قيمة لها فيكون تيار البدء فى أقل قيمة له ثم نقوم بخفض هذه المقاومات بالتسلسل حتى تصبح نهايات ملفات العضو الدائر مقصورة على نفسها فيعمل المحرك بسرعته وتياره الطبيعى وكما هوموضح بدائرة القوى بالشكل المقابل فأننا نقوم أولا بتشغيل المحرك بغلق الكونتاكتور KM1 ويكون كلا من الكونتاكتور KM11 , KM12مفتوحين وبالتالى تصبح المقاومات متصلة بالعضو الدائر ثم نقوم بغلق KM11 فتخرج مجموعة المقاومات R1A ثم نغلق KM12 فتخرج مجموعة المقاومات R2A فيعمل المحرك بكامل حمله



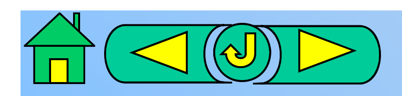


T4,C4عند أعلى قيمة للمقاومة اقل تياربدء

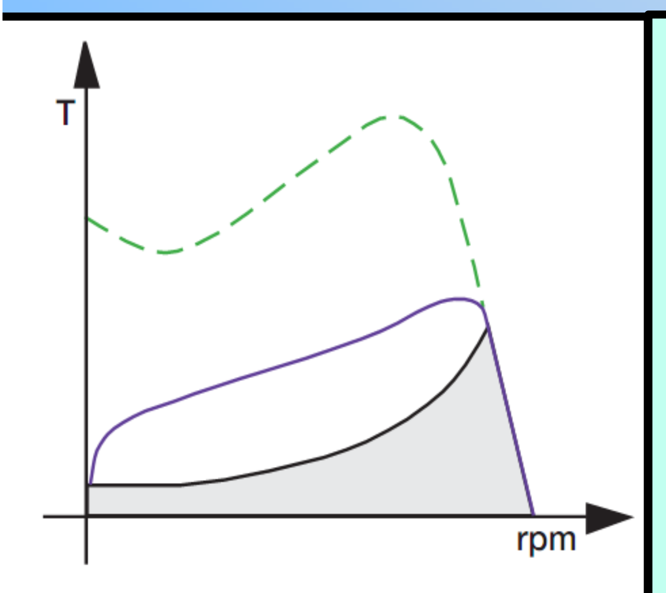
T3,C3عند قيمة كبيرة للمقاومة يكون التيار منخفض

T2,C2قيمة متوسطة للمقاومة تعادلها قيمة متوسطة للتيار

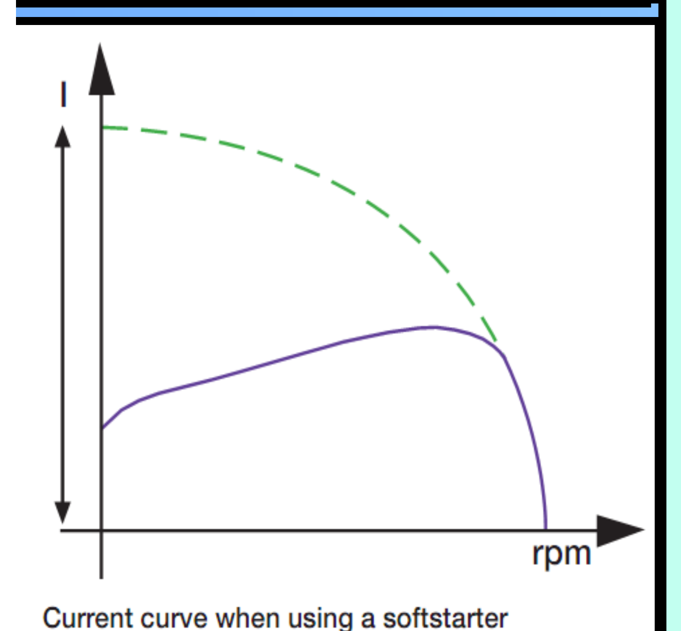
T1,C1أقل قيمة للمقاومة تكون عندها أعلى قيمة للتيار



البدء بواسطة أجهزة البدء الناعم Soft Start



Torque/speed curve when using a softstarter



Current curve when using a softstarter

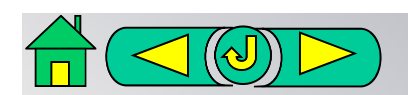
❖ كل الطرق السابقة كان يتم فيها تقليل جهد البدء وبالتالى تيار البدء على مرحلتين او ثلاث مراحل وكانت تحدث صدمات ميكانيكية مفاجئة على محور دوران المحرك والحمل لهذا السبب فانه وجب التفكير فى وسيلة بدء يتم فيها تغيير قيمة الجهد بمعدلات تغيير طفيفة بحيث لا تحدث اى صدمات ميكانيكية خلال فترة البدء ويكون البدء هادئ ليناسب كثير من التطبيقات ومع التطور الكبير فى تصنيع المكونات الالكترونية تم عمل اجهزة البدء الناعم للمحركات (مكونات اجهزة البدء الناعم)

١. تتكون اجهزة البدء الناعم من مجموعة من الثايرستورات او ترانزستورات
٢. دوائر الكترونية تعطى نبضات الاشعال للثايرستورات او الترانزستورات
٣. مبرمج عمليات دقيق Micro Processor لبرمجة عمليات معدل تغير الجهد مع الزمن وبرمجة جميع العمليات اللازمة مجموعة الثايرستورات او الترانزستورات تكون موصلة بين المحرك والمنبع

حيث ان مبرمج العمليات يقوم (بناءا على البرنامج المحمل عليه) بالتحكم فى زاوية اشعال الثايريستور وبالتالى يتم التحكم فى قيمة الجهد المحرك

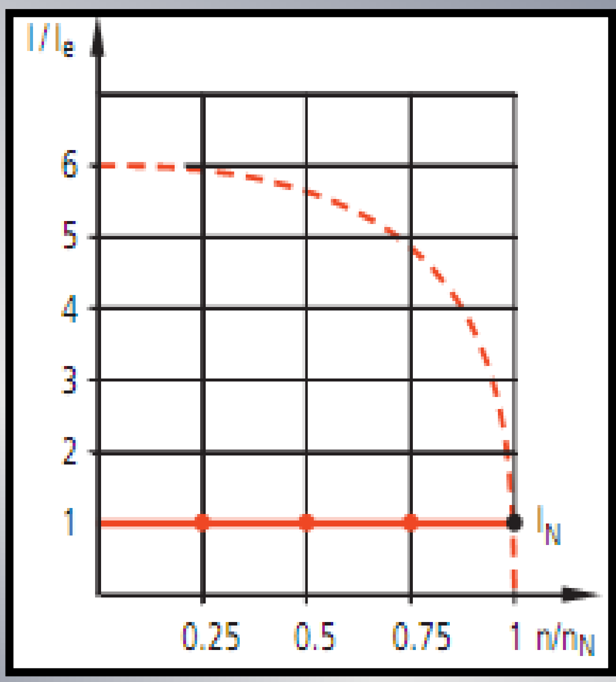
❖ خصائص أجهزة البدء الناعم تمنح مساحة للتحكم فى التيار من ٢٥% إلى ٧٥% (٢) أعلى قيمة لتيار البدء تصل من ٢ إلى ٥ مرة التيار المقتن قابلة للضبط (٣) أعلى قيمة لعزم البدء تصل من ١٠% إلى ٧٠% قابلة للضبط (مميزاتها) (١) تحكم كامل بقيم الجهد و تيار وعزم البدء (٢) مكوناته فى الحالة الصلبة الثابتة لا تحتاج إلى صيانة (٣) تستطيع التكيف مع الأحمال حسب نوعيتها (عيوبها) (١) غالية التكالف جدا

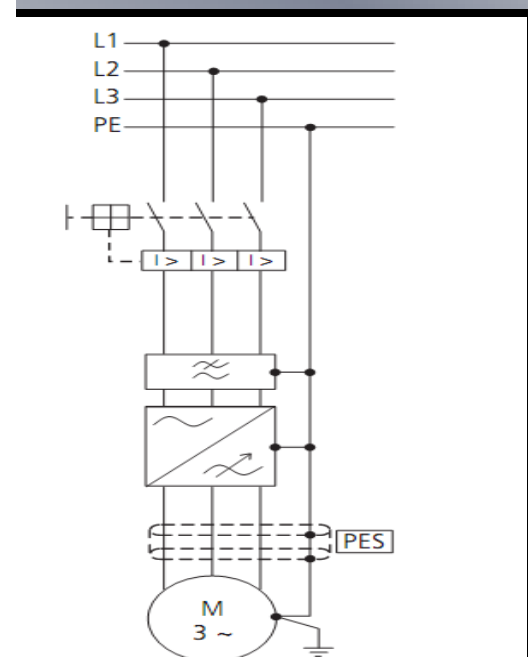
❖ منحنيات العزم والتيار أنقر لرؤية منحنيات العزم والتيار

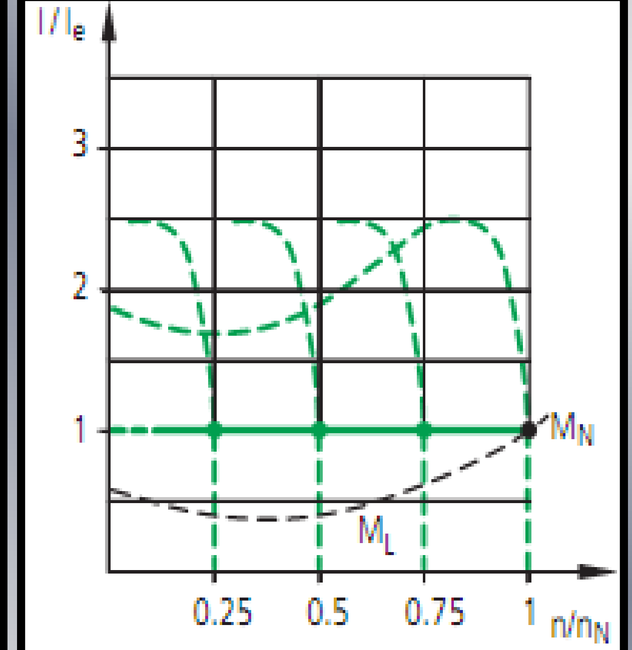


البدء بواسطة مغير السرعة









- محول التردد Frequency inverters
- أو مغير السرعة variable frequency drives(VFD)
- وهو يعتبر من أفضل الطرق لبدء حركة المحركات وتوقفها بشكل هادئ وآمن ويتميز هذا الجهاز عن اجهزة البدء الناعم (Soft Start) بالتحكم الدقيق فى سرعة المحركات ويتم ذلك بواسطة تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ثم تحويله مرة اخرى إلى تيار متردد ولكن مع أمكانية التحكم فى تردده ومن العلاقة بين السرعة والتردد بالمحركات الأستنتاجية (N=120F/P) نجد أنه كلما زادت قيمة التردد (F) تزيد قيمة السرعة (N)
- وبهذه الطريقة نستطيع أن نتحكم فى قيمة الجهد وتردده وبالتالى تيار وعزم البدء قبل وأثناء تشغيل المحرك
- ومن مميزات هذا الجهاز ايضا أنه يمنح العزم الكامل للمحرك عند أى قيمة للسرعة ويعيب هذه الطريقة فى البدء والتحكم فى السرعة الثمن الباهظ لهذا الجهاز

مقارنة بين منحنيات طرق بدء المحرك الأستنتاجى

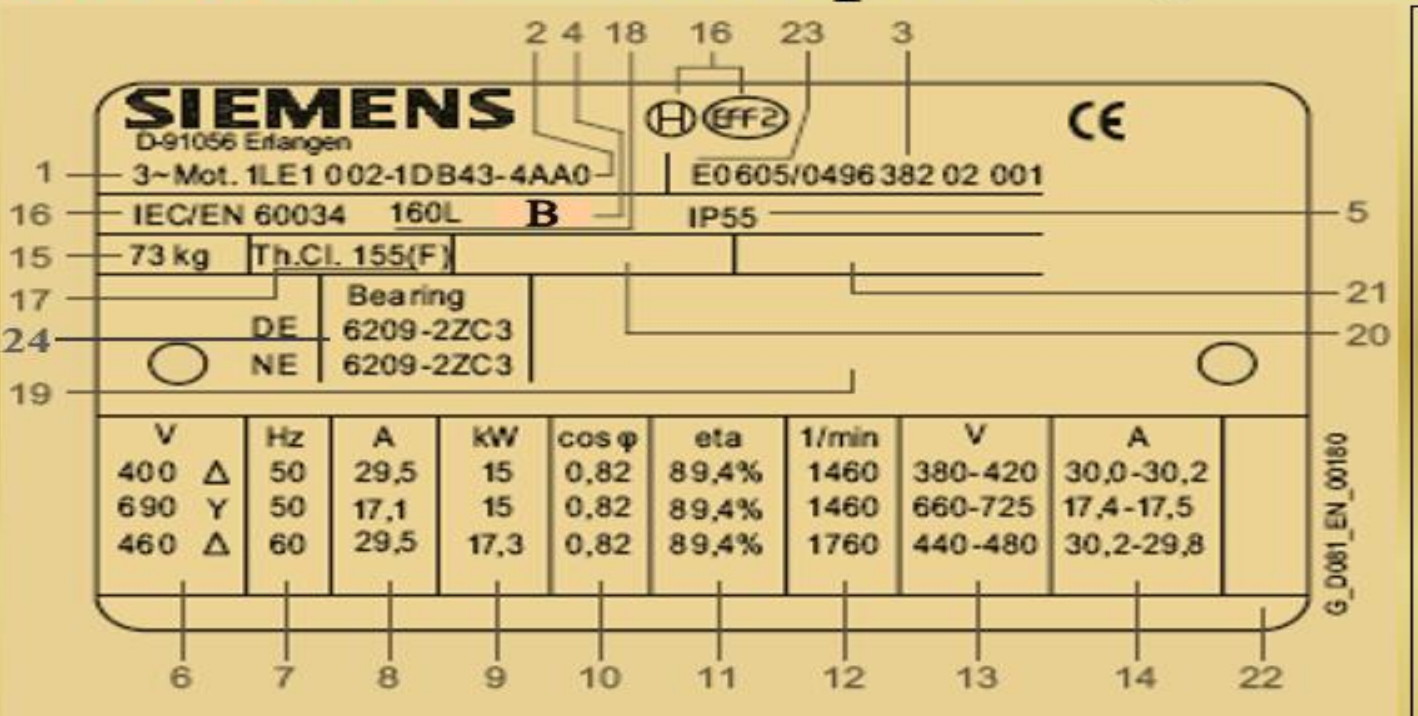
	البدء على التيار المباشر	البدء بواسطة نجمة دلتا	البدءالناعم	البدء بمغيرات السرعة
رسم خطى للدائرة				
منحنى الجهد				
منحنى التيار				
القيمة النسبية لتيار البدء	من 4 إلى 8 مرات التيار المقنن	من 1.3 إلى 3 مرات التيار المقنن	من 2 إلى 6 مرات التيار المقنن	من 1 إلى 2 مرة التيار المقنن قابلة للضبط
منحنى العزم				
القيمة النسبية لعزم البدء	من 1.5 إلى 3 مرات العزم المقنن	من 0.5 إلى 1 مرة العزم المقنن	من 0.1 إلى 1 مرة العزم المقنن	من 0.1 إلى 2 مرة العزم المقنن
درجة التحميل على المحرك عند البدء	عالى	متوسط	منخفض إلى متوسط	منخفض
الخصائص	يبدأ بعزم أعلى مع تيار أكبر مع أحمال كبيرة	يبدأ بعزم أقل مع تيار منخفض ويتم التحميل الكامل بعد التحول للدلتا	يبدأ بعزم منخفض مع تيار منخفض مع أمكانية ضبط والتحكم فى خصائص البدء	يبدأ بعزم أعلى مع تيار منخفض مع أمكانية ضبط والتحكم فى خصائص البدء



لوحة بيانات المحرك وتفسيرها
Nameplate



Nameplate لوحة بيانات المحرك



1 Machine type: Three-phase Low-voltage motor
2 Order No.
3 Factory number (Ident No., serial number)
4 Type of construction
5 Degree of protection
6 Rated voltage [V] and winding connections
7 Frequency [Hz]
8 Rated current [A]
9 Rated output [kW]
10 Power factor [cos φ]
11 Efficiency
12 Rated speed [rpm]
13 Voltage range [V]
14 Current range [A]
15 Machine weight [kg]
16 Standards and regulations
17 Temperature class
18 Frame size
19 Additional details (optional)
20 Operating temberature range (only if it deviates from normal)
21 Site altitude (only when higher than 1000 m)
22 Customer data (optional)
23 Date of manufacture YYMM
24 Bearing

١- نوع المعدة محرك ثلاثى الوجه
٢- رقم أمر التشغيل ٣- الرقم التسلسلى للمحرك
٤- نوع التصميم ٥- درجة الحماية من الأختراق
٦- الجهد المقنن للمحرك وطريقة التوصيل بال فولت
٧- التردد الذى يعمل عليه المحرك بال هرتز
٨- التيار المقنن بالأمبير
٩- القدرة الخارجة من المحرك ١٠- معامل القدرة
١١- الكفاءة ١٢- السرعة المقننة باللفة/دقيقة
١٣- مدى الجهد الآمن لتشغيل المحرك بال فولت
١٤- مدى أقصى تيار يتحمله المحرك بالأمبير
١٥- وزن المحرك بالكيلوجرام ١٦- أنظمة ومقاييس
١٧- أقصى درجة حرارة تتحملها الملفات
١٨- أبعاد المحرك
١٩- مكان فارغ لتفاصيل أضافية (اختيارى)
٢٠- مدى درجة حرارة التشغيل للمحرك فقط عند انحرافه عن الطبيعى
٢٢- بيانات العميل اختيارية
٢٣- تاريخ التصنيع ٢٤- رقم بلى المحرك



شرح لكل ما يكتب عل لوحة بيانات المحرك١

١. نوع المعدة (Machine Type) وهى لتوضيح نوع الآلة وتكون مثلا 3PH MOT L.T وهى تعنى محرك ثلاثي الوجه ضغط منخفض

٢. رقم أمر التشغيل (Order No) وهى أرقام خاصة بالأعمال الإدارية بالمصانع ونادرا ما يكتب على لوحة المحرك

٣. الرقم التسلسلي للمحرك (Serial Number) وهو يعنى رقم المحرك عند التصنيع ولابد من كتابته على المحرك للرجوع للمصنع من خلاله فى حالة حدوث أى مشكلة بالمحرك بسبب عيوب التصنيع

٤. نوع تصميم المحرك **(Nema Motor Characteristics)** وهو عبارة عن حرف أبجدي كبير وغالبا ما يكون A,B,C,D,E وهى أرقام متعارف عليها لتحديد خصائص المحرك حيث كل حرف يعنى خصائص معينة للمحرك قد تتشابه مع خصائص محرك أخر وقد تختلف كما سيوضح فيما بعد أنقر للشرح المفصل

٥. درجة الحماية **(Ingress Protection)** والمقصود هنا هو درجة حماية المحرك من اختراق أو دخول الأجسام الصلبة أو السائلة داخل المحرك ويرمز لها بأول حرفين من المعنى بالانجليزية **IP** ثم يتبعهما رقمين الأول يعنى درجة الاختراق من الأجسام الصلبة والثاني يعنى درجة الاختراق من الأجسام السائلة أنقر للشرح المفصل



شرح لكل ما يكتب عل لوحة بيانات المحرك٢

٦. الجهد الطبيعي لتشغيل المحرك مع نوع التوصيل نجمة أو دلتا (Rated Voltage & Winding Connection) وكما هو موضح في لوحة بيانات المحرك أن المحرك يعمل على جهد ٤٠٠ فولت عند تردد ٥٠ ذبذبة عندما يكون موصل دلتا و يعمل على جهد ٤٢٠ فولت عند تردد ٦٠ ذبذبة عندما يكون موصل دلتا

- بينما يعمل على جهد ٦٩٠ فولت عند تردد ٥٠ ذبذبة عندما يكون موصل نجمة وذلك لأنه من المعلوم أنه عند التوصيل نجمة يكون جهد المحرك المطبق واقع على وجهين من الملفات وبالتالي تزيد مقاومة الملفات فتتحمله الملفات دون أن تحترق
- بينما عند التوصيل دلتا يكون جهد المحرك المطبق واقع على وجه واحد فقط من الملفات وبالتالي تظل مقاومة الملفات كما هي ولا تتحمل أكثر من الجهد المقنن للمحرك

٧. التردد (Frequency HZ) وهو تردد الجهد الذي يعمل عنده المحرك بالذبذبة لكل ثانية وكما هو موضح كل جهد تشغيل يكون مسجل بجانبه التردد الموافق له وذلك عندما يكون هناك أكثر من جهد تشغيل للمحرك كما تم توضيحه في الفقرة السابقة

٨. التيار المقنن أو الطبيعي للمحرك (Rated Current A) وهو قيمة التيار الطبيعي المسحوب من المحرك عند تطبيق الجهد الطبيعي للمحرك ويحسب بالأمبير



شرح لكل ما يكتب عل لوحة بيانات المحرك٣

٩. قدرة خرج المحرك بالكيلو وات Rated output (KW) وهى القدرة النهائية التي يمكن من خلالها أدارة الآلة المرتبطة بالمحرك

١٠. معامل القدرة Power factor (cosφ)معامل القدرة ببساطة هو مصطلح يطلق على النسبة بين "القدرة الفعلية" " actual power) وتسمى أيضا القدرة الفاعلة (active power) المستخدمة فى الدائرة معبرا عنها بوحدت الوات (W) أو بالوحدات الأكثر شيوعا وهى الكيلو وات ((kW) وبين القدرة المسحوبة من المنبع وتسمى القدرة "الظاهرية apparent معبرا عنها بوحدات الفولت أمبير أو بالوحدات الأكثر شيوعا وهى الكيلو فولت أمبير (kVA)

$$P.F. = \frac{\text{Active Power (kW)}}{\text{Apparent Power (kVA)}}$$

١١. كفاءة المحرك Efficiency (ETA)

- هى القدرة النهائية على عمود المحرك بالنسبة إلى قدرة دخل المحرك $\eta_m = P_{out} / P_{in}$
- $\eta_m = P_{out}\ 746 / P_{in}$ حيث أن η_m الكفاءة P_{out} قدرة الخرج P_{in}قدرة الدخل

١٢. السرعة الفعلية للمحرك Rated Speed (rpm) وهى تتمثل في سرعة العضو الدائر للمحرك

١٣. مدى الجهد الآمن لتشغيل المحرك بال فولت Voltage Range V وهو يبين مدى أقصى جهد وأقل جهد يجب أن يعمل عنده المحرك وقد يكتب أحيانا أو لا يكتب على لوحة المحرك

١٤. مدى التيار الآمن المسحوب من المحرك بالأمبير Current Range A وهو يبين مدى أقصى تيار مسحوب وأقل تيار مسحوب يجب أن لا يتعداه المحرك وقد يكتب أحيانا أو لا يكتب على لوحة المحرك

١٥. وزن المحرك بالكيلو جرام Machine weight (kg) وهو هام عند الحاجة لرفع المحرك بواسطة الأوناش



شرح لكل ما يكتب عل لوحة بيانات المحرك ٤

١٦. أنظمة ومقاييس (Standards and regulations) وهى تتوفر و تكتب فقط لبعض المحركات الخاصة

١٧. أقصى درجة حرارة تتحملها الملفات Insulation Class وهى تكتب على لوحة المحرك كلمة CLASS وبجانبها أحد الحروف التالية A,B,F,H, وكل حرف يعنى مدى معين فمثلا A يعنى أن الملفات تتحمل درجة حرارة حتى ١٠٠درجة مع سماحة ٥درجات زيادة وهكذا كما هو موضح أنقر للشرح المفصل

١٨. أبعاد المحرك Frame Size وهو عبارة عن رقم كودي قد يكتب على لوحة بيانات المحرك أو لا يكتب ومنه بواسطة جداول تكون مع المحرك نستطيع أن نحدد كل أو بعض أبعاد المحرك أنقر للشرح المفصل

١٩. تاريخ التصنيع Date of manufacture (YY MM) وهو تاريخ تصنيع المحرك

٢٠. رقم البلى (Bearing) وهو رقم البلى لخلفي والأمامي للمحرك ويكتب كأرقام وحروف و منها يتم معرفة مقاس وخصائص كل بلية كما سيتم شرحه في باب رولمان البلى

أنقر للشرح المفصل



معايرأو درجات تصميم خصائص المحرك NEMA Motor Characteristics

NEMA 3 Phase Motors

منحنيات خصائص العزم والسرعة والتيار للمحركات ثلاثة الأوجه

% Rated Torque
300
200
100
0
D
C
A
B
0 20 40 60 80 100
% Rated Speed

SPEED (% OF SYNCHRONOUS SPEED)

Design Type A

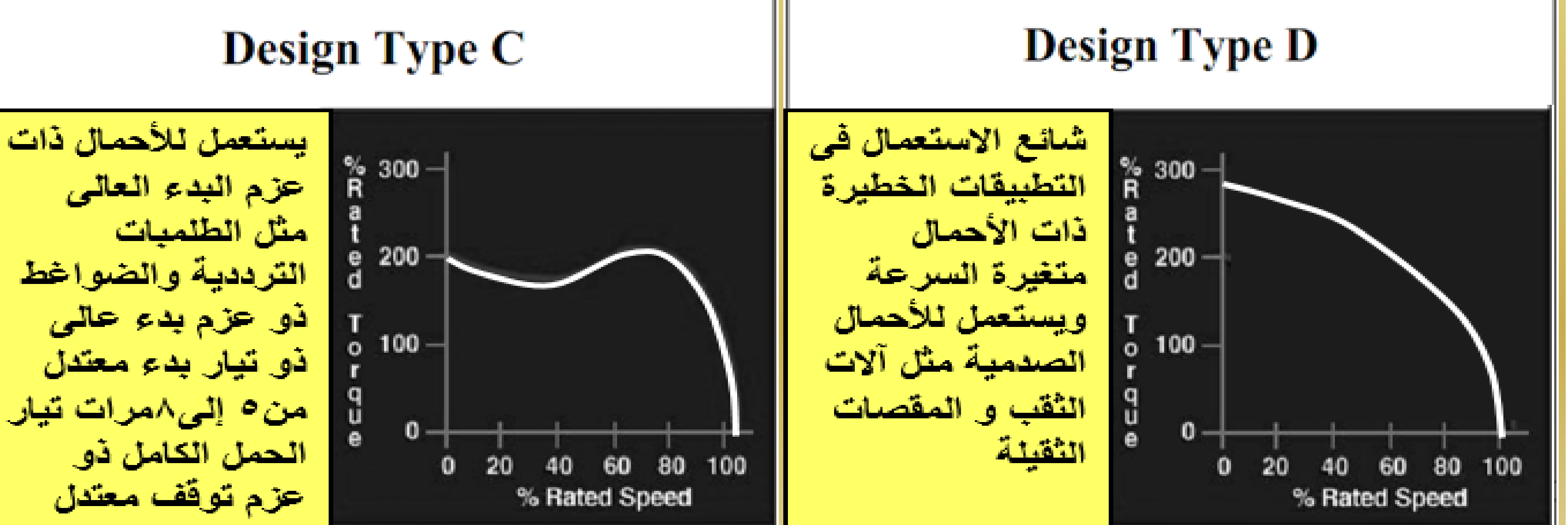
معيار قديم ذو عزم بدء عالى جدا أعلى من Bذو تيار بدء كبير من ٥ إلى ٨مرات تيار الحمل الكامل ذو عزم توقف جيد

% Rated Torque
300
200
100
0
0 20 40 60 80 100
% Rated Speed

Design Type B

المعيار الحالى ذو عزم بدء جيد ذو تيار بدء أقل من ٤ إلى ٦مرات تيار الحمل الكامل ذو عزم توقف جيد ذو انزلاق متوسط

% Rated Torque
300
200
100
0
0 20 40 60 80 100
% Rated Speed



Design Type E

يعتبر هذا النوع من أحدث التصاميم للمحركات
حيث أنه أعلى كفاءة
اقل نسبة انزلاق
وبالتالى أعلى معدل سرعة
ولكن يعيبه أنه أعلى تيار بدء من ٨ إلى ١٢مرة تيار التشغيل

جدول درجات تصميم خصائص المحرك
NEMA Motor Characteristics

Design	Locked Rotor Torque % FL عزم البدء	Pull-up Torque % FL	Breakdown Torque % FL عزم الانهيار	Locked Rotor Current % FL تيار البدء	%Slip الانزلاق	Efficiency الكفاءة	المميزات والأستخدام
A	Normal 70-275	Normal 65-190	Normal 175-300	Med-High 700-800	0.5-5	Med-High	يستعمل فى تطبيقات عديدة مثل المراوح البلور الطلمبات معظم الماكينات
B	Normal 70-275	Normal 65-190	Normal. 175-300	LOW 600-700	0.5-5	Med-High	الأكثر شيوعا ذو عزم معتدل يستعمل للمراوح والطلمبات والضواغط ومعظم الأحمال الثابتة
C	High 200-285	140-195	190-225	LOW 600-700	1-5	Med	يستعمل للاحمال التى تستدعى عزم بدء عالى مع ثبات الحمل
D	(V)High 275-UP	NA	275	LOW 600-700	5-8	Low	يستعمل للاحمال التى تستدعى عزم بدء عالى جدا ومتغيرة الحمل
E	74-190	60-140	160-200	High 600-700	0.5-3	High	

درجة حماية اختراق المحرك Ingress Protection (IP)

IP 55

	الرقم الثانى الحماية ضد الأجسام السائلة
IP	التفصيل
0	بدون حماية
1	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا
2	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا او مائلة بزاوية حتى ١٥ درجة
3	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا او مائلة بزاوية حتى ٦٠درجة
4	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط المياه التى ترش عليه من اى اتجاه
5	تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجبرى للمياه من كل الاتجاهات
6	تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجبرى القوى للمياه من كل الاتجاهات
7	تعنى أن المحرك يتحمل الغمر فى المياه حتى ضغط محدود
8	تعنى ان المحرك يتحمل ان يغمر فى الماء حتى ضغط معين يحدده الصانع

	الرقم الأول الحماية ضد الأجسام الصلبة
IP	التفصيل
0	بدون حماية
1	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ٥٠ مم
2	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١٢ مم
3	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ٢,٥ مم
4	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١ مم
5	تعنى الحماية ضد دخول الاتربة
6	تعنى الحماية الكاملة ضد اى اتربة او اجسام غريبة



درجه حمايه أختراق المحرك
Ingress Protection (IP)

EXAMPLE: IP 54

1st Figure: protection against solid bodies

IP	TESTS	
0		No protection
1	Ø 50 mm	Protected against solid bodies larger than 50mm (e.g. accidental contact with the hand)
2	Ø 12,5 mm	Protected against solid bodies larger than 12.5mm (e.g. finger of the hand)
3	Ø 2,5 mm	Protected against solid bodies larger than 2.5mm (tools, wires)
4	Ø 1 mm	Protection against solid bodies larger than 1mm (fine tools, small wires)
5		Protected against dust (no harmful deposit)
6		Completely protected against dust

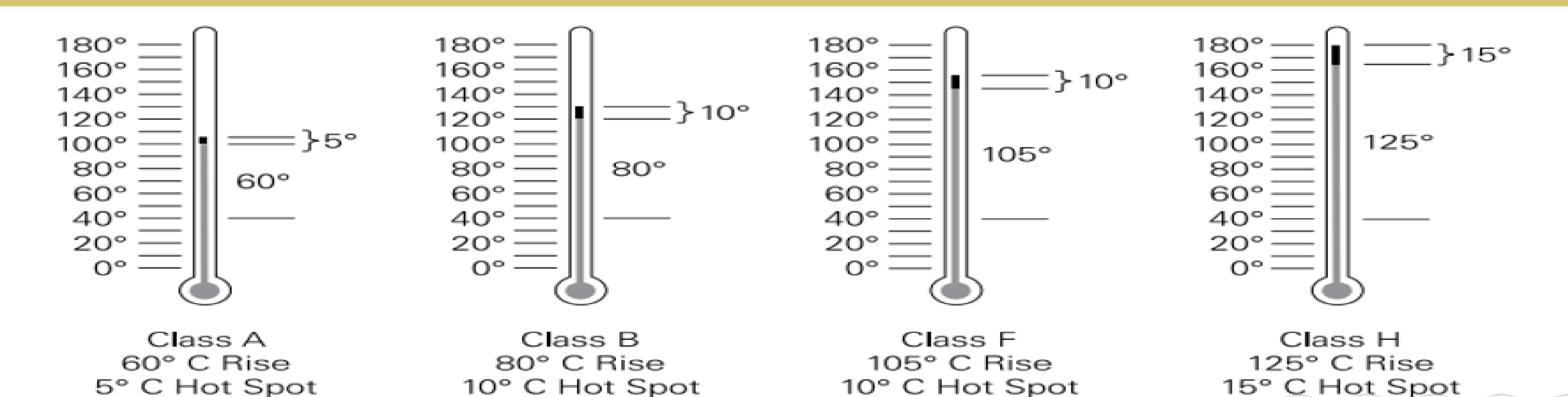
2nd Figure: protection against liquids

IP	TESTS	
0		No protection
1		Protected against vertically-falling drops of water (condensation)
2	15°	Protected against drops of water falling at up to 15° from the vertical
3	60°	Protected against drops of rainwater at up to 60° from the vertical
4		Protected against projections of water from all directions
5		Protected against jets of water from all directions
6		Completely protected against jets of water of similar force to heavy seas
7	1 m; 15cm min	Protected against the effects of immersion



درجات المواد العازله وخواصها Insulation Class

نوع المادة	اقصى درجة حرارة	المواد العازلة
Y	**90**	الياف طبيعية. قطن. حرير.ورق
A	**105**	الياف طبيعية. ورنيش .اوراق معزولة بورنيش
E	**120**	بولى اثلين - قطن
B	**130**	صوف زجاجى- اسبستوس- ميكا
F	**155**	مركب صوف زجاجي- اسبستوس - ميكا
H	**180**	سليكون - اسبستوس
G	**BIGER THAN 180**	صينى – خزف – زجاج





ابعاد المحرك القياسية Motor Frame Dimensions

Frame Size أبعاد المحرك تكتب هذه الأبعاد على لوحة بيانات المحرك كرقم كودي يتم تحديده من خلال الرسوم الموضحة والجدول التالي ويوجد مقاس ثابت وهو المسافة بين منتصف العمود وأخر قاعدة المحرك D يتم حسابه كالتالى أول رقمين من الرقم الكودي على ٤ (D = THE RIREST 2 DIGET/4) وباقي الأبعاد من الجدول

C
Single Phase Only
N
N-W
XP DIA.
P
U
H
F F BA
AB
XO
O
D
AA=Conduit Size
E E

FACE

C
Single Phase Only
AH
BB
N
N-W
XP DIA.
AK BD P
U
AB
45° 45°
XO
Tap
AJ
AA=Conduit Size



Motor Frame Dimensions جدول ابعاد المحرك القياسية

NEMA Frame Sizes	D	E	F	H	N	O	P	U	N-W	AA	AB	AH	AJ	AK	BA	BB	BD	XO	XP	TAP ***	KEY
42	2 5/8	1 3/4	27/32	9/32 Slot	1 1/4	5 1/16	4 7/8	3/8	1 1/8	3/8	4 1/2	1 5/16	3 3/4	3	2 1/16	1/8	4 7/8	1 5/8	5 1/8	7309	3/64 Flat
48	3	2 1/8	1 3/8	11/32 Slot	1 9/16	5 13/16	5 19/32	1/2	1 1/2	1/2	4 7/8	1 11/16	3 3/4	3	2 1/2	1/8	5	2 1/4	5 7/8	7309	3/64 Flat
S56 56	3 1/2	2 7/16	1 1/2	11/32 Slot	1 15/16	6 5/16 6 13/16	5 19/32 6 19/32	5/8	1 7/8	1/2	4 7/8 5 5/16	2 1/16	5 7/8	4 1/2	2 3/4	1/8	6 1/2	2 1/4	5 7/8 7 5/32	5912	3/16
143T 145T	3 1/2	2 3/4	2 2 1/2	11/32	2 3/8	6 13/16	6 19/32	7/8	2 1/4	3/4	5 5/16	2 1/8	5 7/8	4 1/2	*2 1/4	1/8	6 1/2	2 1/4	7 5/32	5912	3/16
182T 184T	4 1/2	3 3/4	2 1/4 2 3/4	13/32	2 7/8	8 3/4	8 15/32	1 1/8	2 3/4	3/4	6 3/8	2 5/8	7 1/4	8 1/2	*2 3/4	1/4	8 7/8	2 1/4	9 3/32	4751	5/16
S213T 213T 215T	5 1/4	4 1/4	2 3/4 2 3/4 3 1/2	13/32	3 1/2 —	9 15/16 10 11/16	8 15/32 10 13/16	1 3/8	3 3/8	3/4 1	6 3/8 8 5/16	3 1/8	7 1/4	8 1/2	*3 1/2	1/4	8 7/8 9	2 1/4	9 3/32 11 3/32	4751	5/16
254T 256T	6 1/4	5	4 1/8 5	17/32	—	12 15/16	13 1/4	1 5/8	4	1 1/4	11 5/8	3 3/4	7 1/4	8 1/2	*4 1/4	1/4	9 5/8	—	12 7/8	4751	3/8
284TS 284T 286TS 286T	7	5 1/2	4 3/4 5 1/2	17/32	—	14 1/2	14 3/4	1 5/8 1 7/8 1 5/8 1 7/8	3 1/4 4 5/8 3 1/4 4 5/8	1 1/2	11 3/4	3 4 3/8 3 4 3/8	9	10 1/2	4 3/4	1/4	11	—	14 1/2	1/2 13	3/8 1/2 3/8 1/2
324TS 324T 326TS 326T	8	6 1/4	5 1/4 6	21/32	—	15 3/4	15 3/4	1 7/8 2 1/8 1 7/8 2 1/8	3 3/4 5 1/4 3 3/4 5 1/4	2	13 1/2	3 1/2 5 3 1/2 5	11	12 1/2	5 1/4	1/4	13 3/8	—	15 3/4	5/8 11	1/2
364TS 364T 365TS 365T	9	7	5 5/8 6 1/8	21/32	—	17 13/16	17 3/8	1 7/8 2 3/8 1 7/8 2 3/8	3 3/4 5 7/8 3 3/4 5 7/8	3	15 7/16	3 1/2 5 5/8 3 1/2 5 5/8	11	12 1/2	5 7/8	1/4	14	—	17/3/4	5/8 11	1/2 5/8 1/2 5/8
404TS 404T 405TS 405T	10	8	6 1/8 6 7/8	13/16	—	19 5/16	19 1/8	2 1/8 2 7/8 2 1/8 2 7/8	4 1/4 7 1/4 4 1/4 7 1/4	3	16 5/16	4 7 4 7	11	12 1/2	6 5/8	1/4	15 1/2	—	19 3/8	5/8 11	1/2 3/4 1/2 3/4
444TS 444T 445T 447TZ	11	9	7 1/4 7 1/4 8 1/4 10	13/16	—	22 1/4	22	2 3/8 3 3/8	4 3/4 8 1/2 8 1/2 10 1/8	3	21 11/16	8 1/4	14	16	7 1/2	1/4	18	—	19 3/8	5/8 11	5/8 7/8 7/8 7/8



رولمان البلى The Bearing

١. رولمان البلى The Bearing
٢. البلى وكيفية قراءة أرقامه
٣. Bearing Type
٤. مثال لقراءة رقم البلية
٥. فيديو لتوضيح كيفية تغير البلى

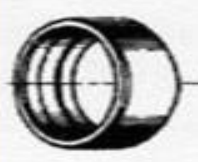


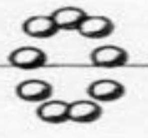
The Bearing رولمان البلى

رولمان البلى من الأجزاء الاساسية بالمحرك وهو محور ارتكاز العضو الدائر الذى يسمح له بحرية الحركة دون الاحتكاك بمجارى العضو الثابت لوجود الثغرة الهوائية ويتركب رولمان البلى من الإطار الحلقى الخارجى و الإطار الحلقى الداخلى وبينهما عنصر الدوران (البلى) وقفص البلى والغطاء أو مانع التسريب وتتلخص انواع البلى كما هو موضح ١- البلى الكرات ٢- البلى الاسطوانى ٣- البلى الإبرى ٤- البلى المخروطى الناقص ٥- البلى الكروى أضغط داخل كل صورة لرؤية الصورة الحقيقية

أضغط داخل كل صورة لرؤية الصورة الحقيقية

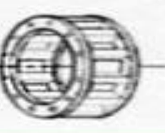
BALL BEARINGS






CYLINDRICAL ROLLER BEARINGS

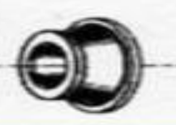


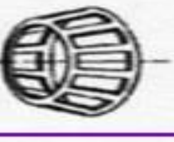



NEEDLE ROLLER BEARINGS



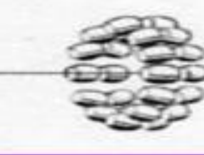
TAPERED ROLLER BEARINGS

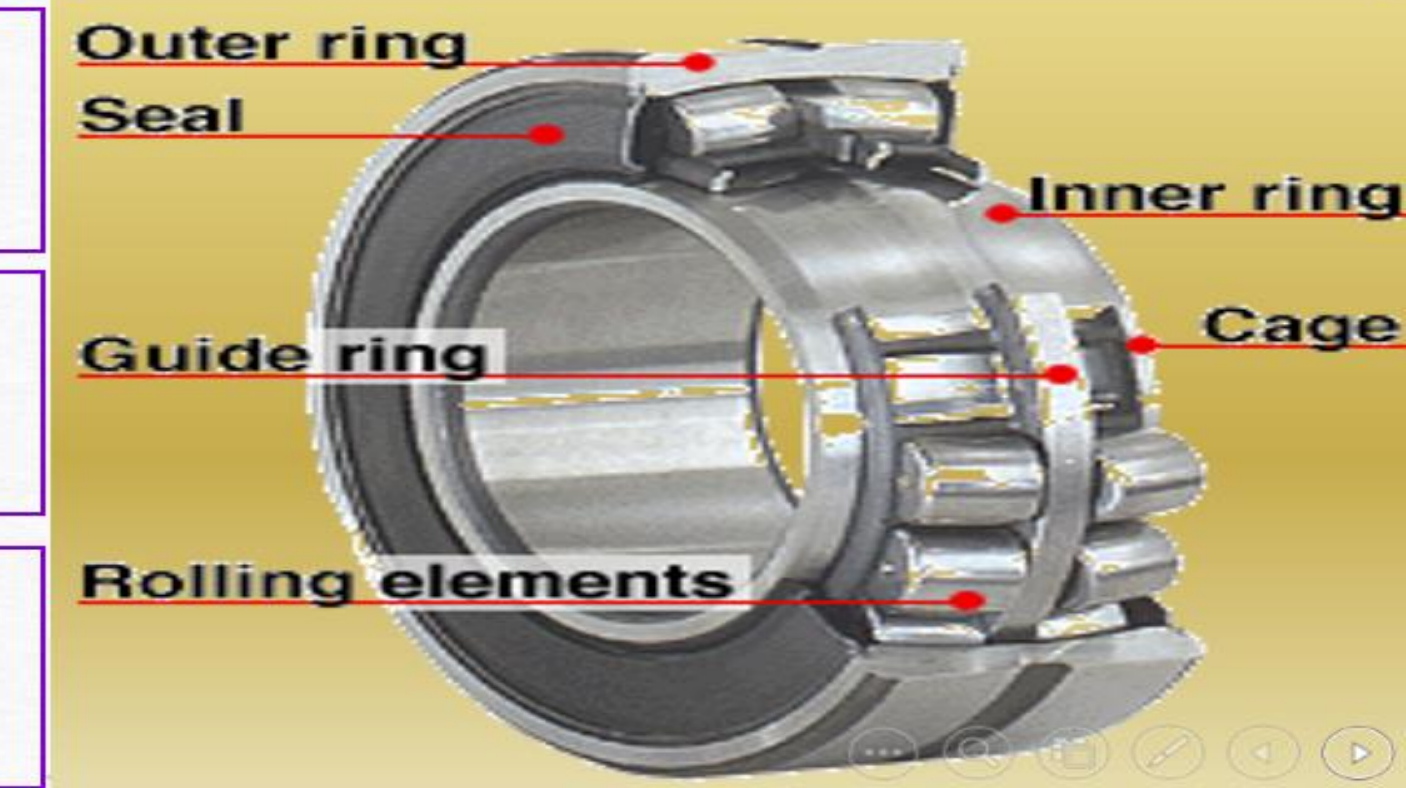





SPHERICAL ROLLER BEARINGS







البلى وكيفية قراءة أرقامه Bearing Type

NC, NCF
NF, NFP
NJ, NJP
NP, NPF
NU
NUP, NUPJ

NN
NNC
NNCF
NNCL

(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 C N NNU QJ

0 1 2 3 4 5 | 7 9 1

H T B

D

8 9 0 1 2 3 4

d/5

X X X X X

XX XX XX XX XX XX

بعض الخواص الرئيسية للبلية

نوع البلية Type

القطر الداخلى للبلية (d)

ملحقات أضافية للبلية

الخلوص الداخلى

علامات أضافية

B

d

D

أنقر للإخفاء وإظهار المخطط كامل



البلى وكيفية قراءة أرقامه Bearing Type

Type	Series
(0)	(0)33, (0)32
1	139, 130, (1)23, 1(0)3, (1)22, 1(0)2, 1(1)0
2	223, 213, 232, 222, 241, 231, 240, 230, 249, 239, 248, 238, 294, 293, 292
3	323, 313, 303, 332, 322, 302, 331, 330, 320, 329
4	4(2)3, 4(2)2
5	544, 524, 543, 523, 542, 522, 534, 514, 533, 513, 532, 512, 511, 510, 591, 590
6	6(0)4, 623, 6(0)3, 622, 6(0)2, 630, 6(1)0, 16(0)0, 639, 619, 609, 638, 628, 618, 608, 637, 627, 617, 607
7	7(0)4, 7(0)3, 7(0)2, 7(1)0, 719, 718, 708
8	814, 894, 874, 813, 893, 812, 811
C	23, 32, 22, 41, 31, 60, 50, 40, 30, 69, 59, 49, 39, 29
N	(0)4, 33, 23, (0)3, 22, 12, (0)2, 31, 30, 20, 10, 39, 29, 19, 38, 28, 18
NNU	41, 31, 60, 50, 40, 30, 69, 49, 39, 48
QJ	23, (0)3, 12, (0)2, 10, 19

NC, NCF
NF, NFP
NJ, NJP
NP, NPF
NU
NUP, NUPJ

NN
NNC
NNCF
NNCL

(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 C N NNU QJ

0 1 2 3 4 5 | 7 9 1

H
T
B

D

8 9 0 1 2 3 4

d/5

X X X X X



مثال لقراءة رقم البلية

لتوضيح بعض الخواص الرئيسية للبلية ومنها (K,L,R,WS,GS)

K تعنى أن البلى مجمع تجميع كامل بقفص

L تعنى حلقة منفصلة أسطوانية وبلى من النوع الأبرى وهكذا

ونادرا ما يكتب ولذلك نجد أن معظم البلى يبدأ بالرقم الذى يوضح نوع البلية

SS	62	03	ZZ	C3	XX

SS	Stainless steel
F	Flanged

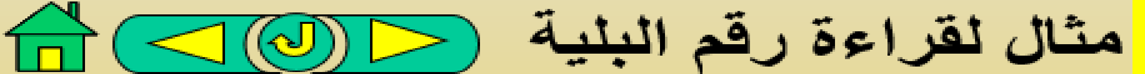
مثال لقراءة رقم البلية

لتوضيح الرقم التسلسلي لتصميم البلية

وهو يصف تصميم البلية من حيث الشكل والنوع من حيث إذا كان البلى صف واحد أو اثنان كذلك من حيث شكل العناصر الدوارة للبلية إذا كانت من نوع الكرات أو الأسطواني أو المخروطي وهكذا وأيضا من حيث نقاط التحميل للبلية (نقط تلامس البلى مع الحلقة الداخلية والخارجية)

Basic Type & Series	
R	Inch, single row
16	Inch, single row
6	Metric, single row, miniature
618	Metric, single row, extra thin
619	Metric, single row, thin
60	Metric, single row, extra light
62	Metric, single row, light
63	Metric, single row, medium
52	Metric, double row, light
53	Metric, double row, medium

SS | 62 | 03 | ZZ | C3 | XX



مثال لقراءة رقم البلية

القطر الداخلي للبلية Bore Size وهو أخر رقمين لرقم البلية و يتم حسابه كالتالي من الرقمين 04 إلى ما هو أعلى يتم ضربهم في 5 لتكون القراءة بالمللى متر مباشرة إما الأرقام الأصغر من 04 تكون قيمته كما هو موضح فيما يلي

01=12mm	00=10mm
03=17mm	02=15mm

SS	62	03	ZZ	C3	XX

Bore Size

Above 04, multiply by 5 to get the bore size in millimeters.

00: 10mm	03: 17mm
01: 12mm	04: 20mm
02: 15mm	05: 25mm



مثال لقراءة رقم البلية

قد يكون حرف أو أكثر أو رقم مع بعض الحروف

وهو يصف بعض ملحقات البلية مثل الأغطية أو موانع التسريب

(Z) غطاء واحد من جهة واحدة (ZZ)غطاءين من كلا الجهتين

(RS)مانع تسريب من جهة واحدة

(2RS)مانع تسريب من جهتين وهكذا

Seals & Shields

ZZ	Double shields
2RS	Double seals

SS	62	03	ZZ	C3	XX

مثال لقراءة رقم البلية

نسبة الخلوص الداخلي للبلية وتزيد مع زيادة سرعة الآلة

(C0) أو (لا يوجد رمز) معناه نسبة قياسية

(C2) محكم

(C3) نسبة خلوص بسيطة

(C4) نسبة خلوص كبيرة





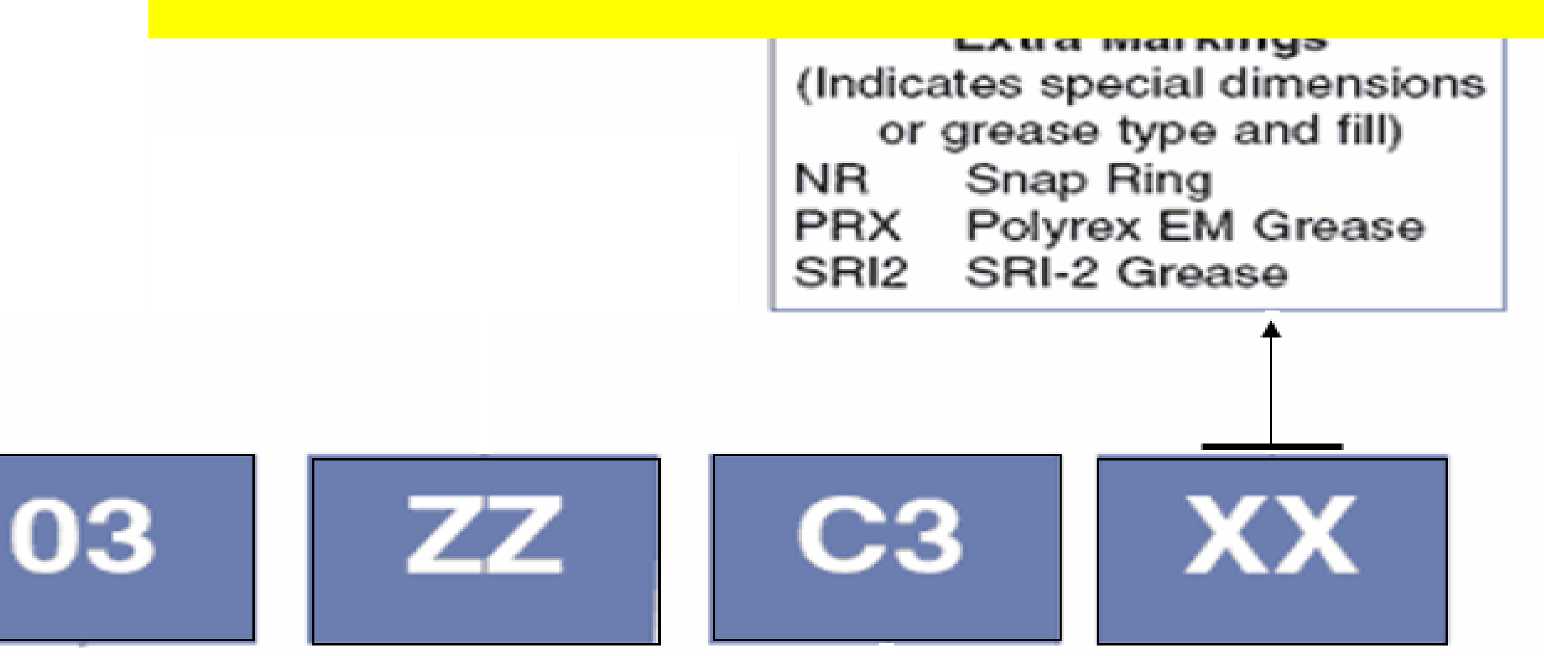
مثال لقراءة رقم البلية

علامات أضافية تدل عل أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية ملؤه

NR Snap Ring

PRX Polyrex EM Grease

SRI2 SRI-2 Grease





62 05 .2RSR .N .C2

Prefixes for Parts of Standardized Bearings
الخواص الرئيسية للبلية

K.	Cage with rolling elements, completely assembled
L	Separable ring of cylindrical and tapered roller bearings
R	Ring of cylindrical and tapered roller bearings with roller set, ring not separable
WS.	Shaft washer of a thrust bearing
GS.	Housing washer of a thrust bearing

لتوضيح الرقم التسلسلى لتصميم البلية

See next page for designation of bearing series

لتوضيح مقاس القطر الداخلى للبلية

Bore Reference Number	Bore Diameter mm
3 to 9	3 to 9
00	10
01	12
02	15
03	17
04 – 96	20 – 480 } Bore reference number x 5 = Bore diameter
/500	500
/530	530

Suffixes for Special Designs
الملحقات أو الأضافات للأنواع الخاصة

K	Tapered bore 1:12
K30	Tapered bore 1:30
E	Maximum capacity design
A } B	New, modified internal design
S	Lubricating groove and holes in outer ring
DA	Split inner ring
ZR	One shield
.2ZR	Two shields
RSR	One seal
.2RSR	Two seals
N	Circular groove in O.D. for snap ring

Suffixes for Cage Design
الملحقات للنوع ذو التصميم القفصى

F	Machined steel cage
L	Machined light metal cage
M	Machined brass cage
T	Textile laminated phenolic cage
TV	Moulded cage of glass fibre reinforced polyamide 66
J	Pressed steel cage
Y	Pressed brass cage
P	Window type cage
H	Snap type cage
A	Outer ring riding
B	Inner ring riding

P, H, A, B } is added to the material symbol

Suffixes for Tolerances and Bearing Clearance
ملحقات درجة التحمل والخلوص للبلية

no suffix	Tolerance class PN (normal tolerance) and clearance group CN (normal)
P6	Tolerance class P6
P5	Tolerance class P5
P4	Tolerance class P4
P2	Tolerance class P2
SP	Tolerance class SP
UP	Tolerance class UP
C1	Clearance group C1 (<C2)
C2	Clearance group C2 (<normal)
C3	Clearance group C3 (>normal)
C4	Clearance group C4 (>C3)

The suffixes for tolerance and clearance are combined, e. g.:
P52 = tolerance class P5 and clearance group C2

Special Suffixes
أضافات خاصة

S1-S4	Special heat treatment





Designation of Bearing Series: Ball Bearings

Bearing Series	Type									Width or Height Series	Diameter Series
	Deep Groove Ball Bearings	Angular Contact Ball Bearings	Self-Aligning Ball Bearings	Thrust Ball Bearings	Angular Contact Thrust Ball Bearings	Single Row or Single Direction	Double Row or Double Direction	With Flat Housing Washer	With Spherical Housing Washer		
618	x					x				1	8
160	x					x				0	0
60	x					x				1	0
62	x					x				0	2
63	x					x				0	3
64	x					x				0	4
42	x						x			2	2
43	x						x			2	3
12			x				x			0	2
112			x				x			0	2
13			x				x			0	3
113			x				x			0	3
22			x				x			2	2
23			x				x			2	3
B 719		x				x				1	9
B 70		x				x				1	0
B 72		x				x				0	2
72		x				x				0	2
73		x				x				0	3
QJ 2		x				x				0	2
QJ 3		x				x				0	3
32		x					x			3	2
33		x					x			3	3
511				x		x		x		1	1
512				x		x		x		1	2
513				x		x		x		1	3
514				x		x		x		1	4
532				x		x			x		2
533				x		x			x		3
534				x		x			x		4
522				x			x	x		2	2
523				x			x	x		2	3
524				x			x	x		2	4
542				x			x		x		2
543				x			x		x		3
544				x			x		x		4
2344					x		x				
2347					x		x				
7602					x	x					
7603					x	x					

2Designation of Bearing Series: Ball Bearings

[illegible]	Roller Bearings									
				Type						
	Cylindrical Roller Bearings	Tapered Roller Bearings	Barrel Roller Bearings	Spherical Roller Bearings	Cylindrical Roller Thrust Bearings	Spherical Roller Thrust Bearings	Single Row	Double Row	Width or Height Series	Diameter Series
N 2; NU 2; NJ 2; NUP 2	x						x		0	2
N 3; NU 3; NJ 3; NUP 3	x						x		0	3
N 4; NU 4; NJ 4; NUP 4	x						x		0	4
NU 10	x						x		1	0
NU 22; NJ 22; NUP 22	x						x		2	2
NU 23; NJ 23; NUP 23	x					x		2	3	
NN 30	x							x	3	0
NNU 49	x							x	4	9
302		x					x		0	2
303		x					x		0	3
313		x					x		1	3
320		x					x		2	0
322		x					x		2	2
323		x					x		2	3
329		x					x		2	9
330		x					x		3	0
331		x					x		3	1
332		x					x		3	2
202			x				x		0	2
203			x				x		0	3
204			x				x		0	4
213				x				x	0	3
222				x				x	2	2
223				x				x	2	3
230				x				x	3	0
231				x				x	3	1
232				x				x	3	2
233				x				x	3	3
239				x				x	3	9
240				x				x	4	0
241				x				x	4	1
292							x		9	2
293							x		9	3
294							x		9	4
811					x		x		1	1
812					x		x		1	2



نهاية الجزء الثالث من دورة محركات التيار المتردد ثلاثي الوجه

مع تحيات

أخوكم/ رشدي أباظة محمد

Deep groove ball bearing البلى الكرات







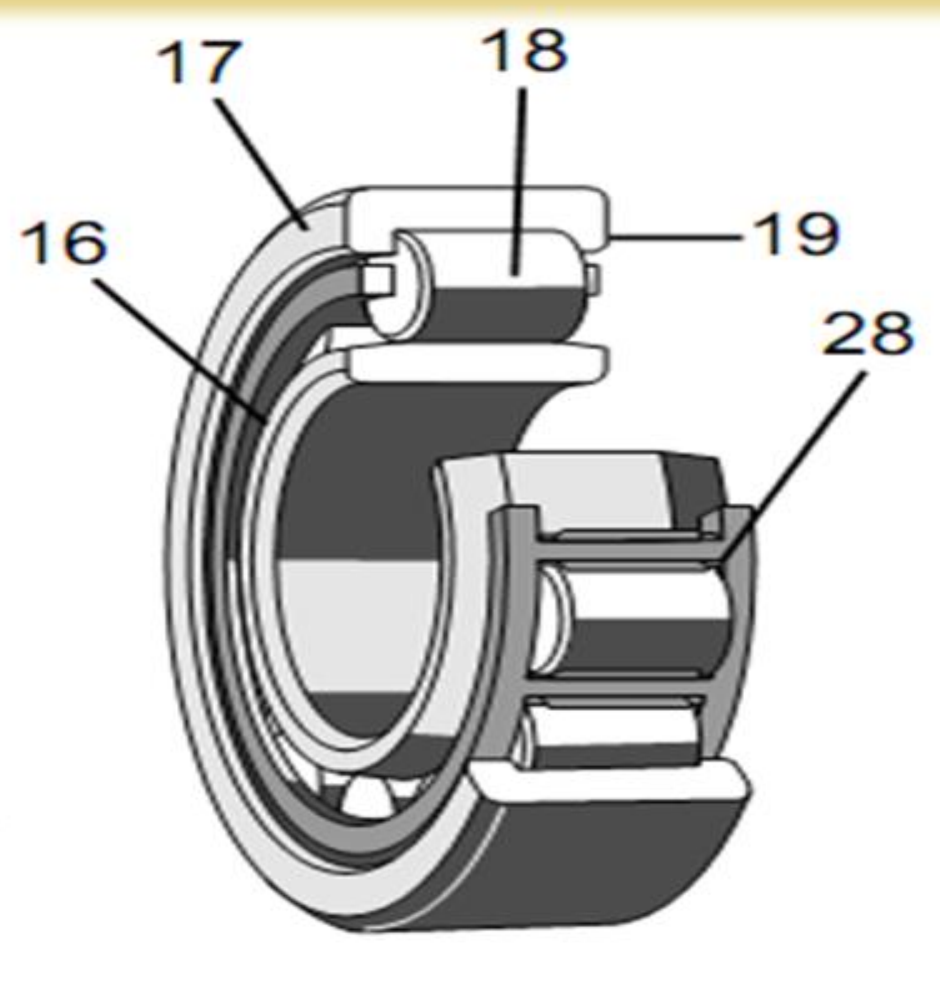


أ



والبلى الاسطوانى Cylindrical roller bearing





Cylindrical
Roller Bearing



Tapered roller bearing البلى المخروطى الناقص

22
23
24
21
25
26
20
27
28

Tapered
Roller Bearing



Needle roller bearing البلى الإبرى



البلى الكروى

Spherical Roller Bearing

12
13
14
15
28

Spherical
Roller Bearing

Outer ring
Seal
Inner ring
Cage
Guide ring
Rolling elements

أ